A
I
27

CHIMIE

GÉNÉRALE ET APPLIQUÉE

PARIS. — IMP. SIMON RAÇON ET COMP., RUE D'ERFURTH, 1.

ENSEIGNEMENT SPÉCIAL

ET PROFESSIONNEL

CHIMIE

GÉNÉRALE ET APPLIQUÉE

PAR

M. J. GIRARDIN

RECTEUR DE L'ACADÉMIE DE CLERMONT

CORRESPONDANT DE L'INSTITUT

MEMBRE ASSOCIÉ DE L'ACADÉMIE IMPÉRIALE DE MÉDECINE, ETC.

QUATRIÈME ANNÉE

Biblioteca Antica
del Collegio S. Carlo
MODENA
A
I
24

PARIS

VICTOR MASSON ET FILS

PLACE DE L'ÉCOLE-DE-MÉDECINE

1869

Droits de traduction et de reproduction réservés.

Biblioteca Antica
del Collegio S. Carlo
MODENA

CHIMIE

GÉNÉRALE ET APPLIQUÉE

QUATRIÈME ANNÉE

Dans les années précédentes, je vous ai exposé, mes chers amis, les principes et les lois de la chimie, indiqué les caractères généraux des corps simples et de leurs principaux composés ; je vous ai montré comment, avec un petit nombre d'agents, le chimiste parvient à sonder les mystères de la nature, à détruire et à recomposer, à créer même des substances que nous ne trouvons pas à la surface de la terre.

Maintenant, nous allons nous occuper spécialement des industries chimiques proprement dites, c'est-à-dire de toutes ces opérations pratiquées en grand dans les fabriques et usines pour obtenir les produits nécessaires à nos divers besoins journaliers. La liste en est longue. Dans l'impossibilité de les passer toutes en revue, je me restreindrai à celles qui sont plus particulièrement pratiquées en France.

Je rangerai sous deux titres principaux les matières premières et les industries chimiques que nous aurons à étudier :

1° Produits et arts chimiques dérivant de l'exploitation du règne minéral ;

2° Produits et arts chimiques dérivant de l'exploitation du règne organique.

TITRE PREMIER

PRODUITS ET ARTS CHIMIQUES DÉRIVANT DE L'EXPLOITATION DU RÈGNE MINÉRAL

Les matières premières que l'industrie chimique emprunte au règne minéral, ou les produits qu'elle crée de toutes pièces au moyen des substances minérales, sont en assez grand nombre et d'une haute importance; je ne pourrai, toutefois, vous entretenir que de ceux qui sont d'un usage général.

On peut les classer ainsi qu'il suit : *corps simples*, *acides*, *oxydes*, *sels*.

CHAPITRE PREMIER

CORPS SIMPLES

Les corps simples qui sont extraits ou préparés en grand pour les besoins des arts industriels ou économiques sont : le *soufre*, le *chlore*, l'*iode*, le *brome*, le *phosphore*.

EXTRACTION DU SOUFRE

Le soufre, consommé en si grande quantité tant comme matière première de diverses industries chimiques, que pour la fabrication de la poudre à tirer et le soufrage de la vigne, qui en exige à lui seul de 80 à 90000 tonnes par an, provient surtout de la purification du soufre natif qu'on trouve dans certains pays soumis depuis longtemps à l'action des feux souterrains ou volcaniques.

Soufrières de la Sicile. — C'est presque uniquement la Sicile

qui alimente le commerce européen. Les deux cents mines qui y sont exploitées en ce moment produisent annuellement 250000 tonnes de soufre brut; elles sont situées dans les provinces de Palerme, de Girgenti, de Catane et de Caltanisetta; leur profondeur varie de 50 à 100 mètres; elles sont constituées par des calcaires ou des gypses injectés de soufre en proportion plus ou moins forte (80 pour 100 dans les minerais les plus riches; 10 pour 100 dans les plus pauvres). On y descend par des galeries très-inclinées, et l'enlevage des blocs de soufre, abattus au moyen du pic, a lieu à dos d'enfants.

Cette exploitation occupe environ 15000 ouvriers: 5000 mineurs ou *picconieri*, et 10000 enfants, sur une population totale de 2 millions.

Le traitement du minerai emploie, de son côté, 5000 autres personnes; il est pratiqué d'une manière grossière et sans aucun souci des pertes en soufre qu'il entraîne, puisque c'est une simple liquation ou fusion opérée pour ainsi dire en plein air; on ne songe guère, au reste, à l'améliorer parce que le pays manque de combustible.

Voici, d'après M. Kuhlmann fils, comment on procède :

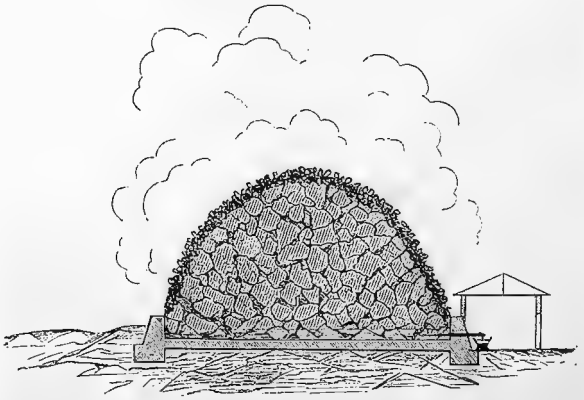


Fig. 1. — Traitement du minerai de soufre en Sicile.

Sur un plan incliné en maçonnerie, on dispose, sous forme de

cône légèrement aplati (*fig.* 1), une quantité de minerai variant de 250 à 600 mètres cubes, qu'on maintient au moyen de murs en calcaire compacte de $1^{m},50$ de hauteur. Avec les plus gros morceaux de minerai, on forme sur la sole du *calcarone* (c'est ainsi qu'on appelle cet amas conique) une voûte ou canal qui aboutit à un trou de coulée situé à la partie la plus déclive où se trouve une maisonnette dans laquelle on recueille le produit de la fusion. A mesure qu'on élève le tas, on empile le minerai de plus en plus fin et on recouvre le tout de poussières, dites *stères*, que l'on tasse légèrement.

Un *calcarone* de 5 à 600 $^{mc.}$ coûte environ 1200 à 1500 fr. On l'allume sur plusieurs points à la fois. Le feu se propage dans l'intérieur; une partie du soufre fond et gagne la partie inférieure, tandis que le reste brûle et répand dans l'air des masses de gaz acide sulfureux, au grand dommage de l'agriculture et de la santé des ouvriers.

Le soufre liquéfié s'écoule dans la maisonnette pendant une quarantaine de jours par intermittence; les ouvriers le reçoivent dans des formes en bois, appelées *ballates*, dans lesquelles il se solidifie. Les pains obtenus pèsent de 55 à 60 kilogrammes.

Il faut environ trois mois pour finir un calcarone, depuis la mise en monte jusqu'à l'enlèvement des résidus. Dans la province de Caltanisetta, qui est le centre minier de la Sicile, les *calcarones* marchent toute l'année, et dans les grandes mines de Trabonella, Grotta Calda, etc., il y a toujours 8 à 10 calcarones en travail, tandis que dans les provinces de Girgenti et de Palerme, où les fiefs sont moins étendus, on ne peut fondre le soufre que de juillet en janvier, alors qu'on n'est pas exposé à brûler les récoltes par les vapeurs sulfureuses.

La quantité de soufre recueillie varie naturellement avec la qualité du minerai; on en obtient généralement 12 à 15 pour 100 des minerais qui en contiennent 40 pour 100. Le rendement, avec les plus riches, s'élève à 18 et 22 pour 100. Dans les opérations bien conduites, les résidus ne retiennent plus que 1,5 de soufre environ.

La Romagne et la Toscane fournissent aussi du soufre, mais les quantités produites atteignent à peine 4000 tonnes. La solfatare de Pouzzoles est épuisée ou abandonnée. On avait commencé

l'exploitation d'une soufrière fort abondante découverte en 1850 à Bohar, sur le littoral de la mer Rouge; le rendement était de 45 pour 100; mais les travaux sont suspendus.

Raffinage du soufre. — Le *soufre brut*, tel qu'il arrive des ports de la Sicile à Marseille, au Havre, à Rouen, à Dunkerque, etc., est en blocs ou pains de 30 à 60 kilogr. Il est plus ou moins chargé de bitume qui le colore en verdâtre ou en brun et lui donne une odeur fétide; il contient de plus des matières terreuses dont la quantité moyenne ne dépasse pas 3 à 4 pour 100, mais qui va jusqu'à 26 pour 100 dans les fragments qui forment la base des pains en pyramide.

C'est dans cet état qu'on l'emploie pour la fabrication de l'acide sulfurique; mais pour les autres usages des arts et de la médecine, on est obligé de le purifier ou, comme l'on dit, de le *raffiner*. L'industrie du raffinage se pratique en France, à Marseille et à Septèmes (Bouches-du-Rhône), à Béziers, à Montpellier et à Pomerols (Hérault), à Narbonne, à Fabrezan et à la Nouvelle (Aude), à Amfreville-la-Mi-Voie, à la porte de Rouen, et à Paris. On opère partout avec l'appareil perfectionné de Michel, qui permet d'obtenir à volonté du *soufre en canon* et du *soufre en fleur*.

Cet appareil (*fig.* 2) se compose de deux cylindres en fonte A, de $1^{m},50$ de longueur sur $0^{m},5$ de diamètre, fermés d'un bout par un obturateur amovible et adaptés à un deuxième cylindre de même diamètre, courbé en col de cygne. Le tout se trouve engagé dans une épaisse maçonnerie de briques. Sous chaque cylindre, il y a un foyer *p* qu'on alimente avec de la houille ou de la tourbe. Les produits de la combustion, avant de se rendre dans la grande cheminée commune *o*, circulent dans des carneaux D autour d'une chaudière C, contenant du soufre brut, où la fusion et l'épuration de celui-ci se préparent. Cette chaudière en forte tôle, profonde de 1 mètre et d'un diamètre semblable, est munie d'un couvercle et d'un robinet *b*. On la charge avec 750 à 800 kilogr. de soufre brut.

Les cylindres ou cornues aboutissent, par leur extrémité courbe, dans une chambre voûtée en briques B, d'une capacité de 80 mètres cubes environ. Des registres, tenus par une tige articulée R, permettent de fermer et d'ouvrir les embouchures des cylindres. Une

porte, pour le passage d'un homme, est ménagée à l'un des bouts de la chambre, et dans le bas de l'axe de ses parois est pratiquée

Fig. 2. — Appareil Michel pour le raffinage du soufre.

une petite embrasure G, close par une plaque en fonte percée d'un trou rond de 1 centimètre ; une tige conique H sert à fermer ou à ouvrir ce trou, destiné à l'écoulement du soufre liquide, qui

tombe sur une bavette en fonte, et de là dans une petite chaudière E, posée sur un foyer.

Soufre en canon. — Lorsqu'on veut avoir le *soufre en canon*, on charge les deux cornues de 300 kilogrammes de soufre brut, et on les fait marcher en même temps d'une manière continue, en les alimentant alternativement de quatre heures en quatre heures avec 150 litres de soufre fondu qui arrive de la chaudière C au moyen du tuyau de communication *a*. On distille de cette manière 1800 kilogrammes de soufre en vingt-quatre heures.

Les vapeurs de soufre, arrivant continuellement des cylindres dans la chambre, s'y condensent d'abord sous forme de neige, mais, comme les murs s'échauffent bientôt au delà de 111° par la chaleur latente des vapeurs, le soufre se liquéfie, coule sur la sole de la chambre et y forme une couche qui augmente incessamment. Lorsque celle-ci est assez épaisse, on fait couler le liquide dans la chaudière E, et on commence le moulage.

Celui-ci s'exécute en puisant le soufre avec une cuiller et le versant dans des moules de bois M, légèrement coniques, préalablement refroidis dans un baquet d'eau froide. On laisse refroidir les moules, puis on fait sortir le soufre en frappant sur un billot avec le tampon conique qui, en rentrant dans l'intérieur, soulève le canon. Les canons sont placés les uns sur les autres entre les montants d'un châssis en bois J, où la cristallisation confuse s'achève. De jaune orangé et translucides qu'ils étaient d'abord, ces canons deviennent peu à peu opaques et d'un beau jaune citron.

Ces canons ont de 19 à 22 centimètres de longueur sur 20 à 25 de diamètre. Ils sont cristallins à l'intérieur et, quand on les tient dans la main, il font entendre des craquements, souvent se brisent spontanément, par l'effet des dilatations inégales résultant du peu de conductibilité du soufre pour la chaleur.

Soufre sublimé ou en fleur. — Lorsqu'on fait de la *fleur* de soufre, la capacité de la chambre est beaucoup plus vaste, ou bien on ne se sert que d'une seule des cornues, en réduisant le nombre des distillations à deux par vingt-quatre heures, et n'opérant que sur 150 kilogrammes de soufre chaque fois. Dans ces conditions, les murs de la chambre, ne pouvant acquérir la température de 111°, les vapeurs prennent et conservent la forme pul-

vérulente. On favorise d'ailleurs le refroidissement, en ouvrant pendant les heures de repos, une soupape RP pratiquée à la partie supérieure de la chambre.

La *fleur* de soufre, qu'on enlève de temps en temps à la pelle, est toujours imprégnée d'eau, d'acide sulfureux et même d'acide sulfurique, aussi a-t-elle une saveur acide. On doit la laver à l'eau bouillante, avant de la faire servir à des opérations délicates ou à des préparations médicamenteuses.

EXTRACTION DU CHLORE

La manière de produire le chlore dans les fabriques, soit pour le dissoudre dans l'eau, soit pour le convertir en chlorures décolorants et désinfectants, ne diffère pas, quant au choix des matières premières, de ce qui se fait en petit dans les laboratoires ; c'est

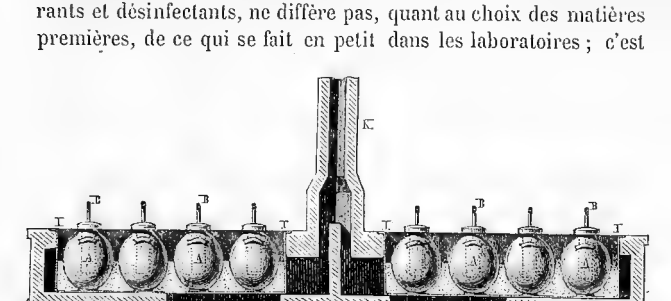


Fig. 5. — Appareil pour la préparation du chlore en grand.

toujours de l'acide chlorhydrique et du peroxyde de manganèse qu'on emploie. Mais il n'en est pas de même de l'appareil qui sert à la réaction.

Vous avez sous les yeux une coupe longitudinale de celui qui est généralement adopté (*fig.* 5).

III, cuve en maçonnerie doublée en plomb et construite sur deux foyers distincts placés aux extrémités.

AAAA, grandes bombonnes en grès, de 60 à 80 litres de capacité, destinées à contenir l'acide chlorhydrique, et à recevoir des cônes ou des cylindres en grès percés de trous en tous sens, d'un centimètre de diamètre, dans lesquels on place du peroxyde de manganèse en fragments.

BBBB, tubes en verre dirigeant le gaz dans des vases laveurs qu'on ne voit pas dans la figure et d'où le gaz sort par des tubes en plomb pour se rendre, soit dans des cuves de dissolution, soit dans une chambre contenant de la chaux, lorsqu'il doit servir à la fabrication du chlorure de chaux.

L'intérieur de la cuve, faisant office de bain-marie, contient, en guise d'eau ou de sable, une dissolution neutre de chlorure de manganèse, résidu de la préparation du chlore, qu'on utilise ainsi au lieu de le perdre.

K, cheminée commune aux deux foyers.

La substitution du peroxyde de manganèse en fragments au même oxyde en poudre, et son placement dans les cônes ou cylindres de grès percés, ont pour effet de rendre l'action de l'acide plus facile, plus régulière et plus complète, en raison de la grande surface que les fragments présentent, et surtout du contact continuel entre ceux-ci et l'acide, attendu que, par suite de sa plus grande densité, le chlorure de manganèse s'écoule, par les trous, au fond des bombonnes, au fur et à mesure de sa production.

Les cylindres, renfermant toujours plus d'oxyde qu'il n'en faut pour chaque opération, on est certain d'utiliser tout l'acide introduit dans les bombonnes, et chaque fois qu'on remplace dans celles-ci le chlorure de manganèse par de nouvel acide, on lave à grande eau les morceaux de peroxyde non attaqués, afin de les faire servir une seconde fois.

Lorsque les cylindres, remplis de peroxyde, sont plongés dans l'acide, on ferme et on lute le couvercle de chaque bombonne, toutes les autres communications étant établies d'avance. On a eu soin d'ajouter un peu d'huile commune dans toutes les tourilles, afin d'empêcher l'acide de mousser et de monter dans les tubes en verre, ce qui empêcherait le gaz de sortir régulièrement. Le boursouflement de la liqueur se manifeste au début de la réaction.

On rend le procédé moins coûteux et on double la quantité de chlore produit, en ajoutant à l'acide chlorhydrique 26 pour 100

d'acide sulfurique à 66° et autant d'eau. Dans ce cas, ainsi que le montre l'équation suivante :

$$MnO^2 + HCl + SO^3,HO = MnO,SO^3 + HO + Cl.$$

tout le manganèse reste à l'état de sulfate de protoxyde, en sorte que tout le chlore de l'acide chlorhydrique est mis en liberté, comme dans le procédé de Berthollet.

Dissolution du chlore. — Lorsque le chlore doit être employé à l'état de dissolution, ce qui est le cas le plus général, on dirige le gaz sortant de l'appareil précédent dans une cuve en chêne (*fig.* 4) A, de 2m,59 de diamètre sur 3m,24 de hauteur, goudronnée au dehors et mastiquée en dedans avec un mélange à parties égales de térébenthine, de résine et de cire jaune.

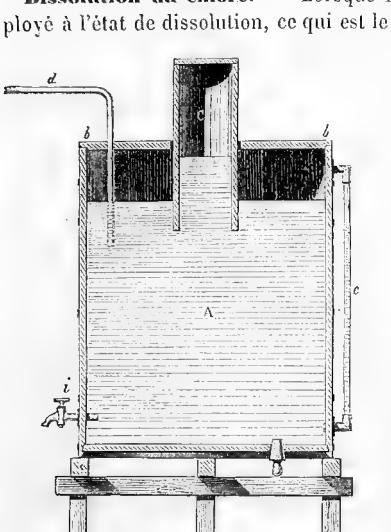


Fig. 4.— Cuve pour la solution aqueuse du chlore.

Elle est fermée par un couvercle à demeure *bb*, dans lequel passe un cylindre *c*, en bois également verni. Ce cylindre plonge d'un mètre dans l'intérieur de la cuve, et s'élève de 1 mètre en dehors; il a 64 centimètres de diamètre; il sert à introduire le liquide dans la cuve, et, en outre, à le contenir quand il est déplacé par le gaz.

Ce dernier arrive par le tube en plomb *d*, qui ne plonge que de quelques centimètres dans l'eau, afin d'éviter une pression dans

les vases de production. Un tuyau de verre vertical *e*, placé en dehors de la cuve et communiquant avec sa partie inférieure, indique les mouvements du liquide. Un tuyau en plomb *i*, à robinet, sert à extraire la solution à mesure des besoins. Enfin une bonde *a*, placée sous le fond même de la cuve, permet de la vider complétement.

Comme le chlore n'est pas très-soluble dans l'eau, on a imaginé des appareils de différents genres disposés de telle sorte que ce gaz est obligé de parcourir une grande étendue au sein du liquide avant de se répandre dans l'air. Ces appareils portent les noms d'*appareil à cuvettes*, de *cuve à moussoir*, de *cuve à serpentin*. Je ne décrirai que le premier ; cela suffira pour vous faire comprendre que plus le chlore reste longtemps dans l'eau, plus les points de contact entre eux sont multipliés, plus aussi la solution en est facile et complète.

L'appareil à cuvettes, imaginé par Welter[1], consiste en une cuve en maçonnerie ou en bois mastiqué, garnie dans son intérieur de larges cuvettes en pierre, renversées, ainsi que le montre la figure 5. Chacune de ces cuvettes ABCD,

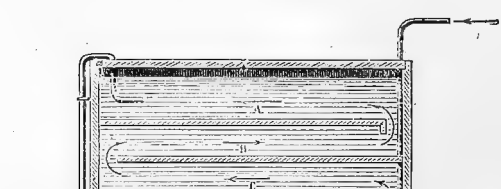


Fig. 5. — Appareil à cuvettes de Welter.

est échancrée légèrement sur un de ses côtés, et elles sont superposées les unes aux autres de manière que les échan-

[1] Jean-Joseph Welter, né à Valenciennes en 1763, mort en 1852, était un chimiste praticien fort distingué, qui figura parmi les correspondants de l'Institut. Ami de Gay-Lussac et son collaborateur dans plusieurs travaux impor-

crures sont placées alternativement à droite et à gauche. Le tube qui amène le chlore au fond de la cuve remplie d'eau descend au-dessous de la cuvette inférieure; la portion de gaz qui échappe à l'action du liquide sort par l'échancrure pour se rendre dans la cuvette supérieure; elle passe de celle-ci dans la 3e et ainsi de suite jusqu'à ce qu'elle arrive dans l'air. On conçoit que dans ce trajet, le gaz doit se dissoudre en plus grande quantité, en raison des nombreux points de contact qu'il a avec l'eau, que s'il n'avait à traverser qu'une seule couche de liquide.

Chlorures décolorants.—Les mêmes appareils peuvent servir à la préparation des hypochlorites ou chlorures de chaux, de potasse, de soude liquides.

Pour le *chlorure de chaux*, on délaye dans l'eau de la cuve de la chaux délitée en poudre fine, et on a soin de faire arriver le chlore très-lentement, en arrêtant son dégagement avant que toute la chaux soit dissoute. La liqueur saturée marque 9° à l'aréomètre. On la tire à clair et on la renferme dans des tourilles en grès qu'on a soin de placer dans un endroit frais.

Pour le *chlorure de potasse* ou *eau de Javelle*, on met dans la cuve une solution faible de potasse perlasse d'Amérique, faite dans les proportions de 7 parties de ce carbonate alcalin pour 100 parties d'eau.

Pour le *chlorure de soude* ou *eau de Labarraque*, la solution alcaline qu'on sature de chlore est faite avec 20 parties de cristaux de soude pour 100 d'eau.

Pour ces deux derniers, on peut les obtenir plus promptement et plus économiquement par voie de double décomposition, au moyen du chlorure de chaux solide qu'on dissout dans l'eau et d'une solution de carbonate alcalin. Il se fait dans ce cas de l'hypochlorite de potasse ou de soude qui reste en dissolution et du carbonate de chaux qui se dépose en poudre blanche; c'est ce que démontre l'équation suivante :

Chlorure de chaux.		Carbonate de potasse.		Chlorure de potasse.		Carbonate de chaux.
CaO, ClO	+	KO, CO^2	=	KO, ClO	+	CaO, CO^2.

tants, qui ont été insérés dans les *Annales de Chimie et de Physique*, il a doté l'industrie et les laboratoires de plusieurs appareils commodes et ingénieux, et notamment des *tubes de sûreté* qui portent son nom.

Voici les proportions qu'on adopte habituellement :

	Chlorure de chaux solide à 100°.	1 kil.
	Carbonate de soude cristallisé.	2
ou	Carbonate de potasse.	1 kil. 200
	Eau ordinaire	45 lit.

On délaye le chlorure de chaux, peu à peu, dans 20 parties d'eau et on laisse en contact pendant quelques heures ; on filtre ; on lave le marc resté sur le filtre avec 10 parties d'eau ajoutées en plusieurs fois.

D'un autre côté, on fait dissoudre les cristaux de soude à chaud, la potasse perlasse à froid dans 15 parties d'eau, on filtre, et on mêle la solution alcaline froide à celle du chlorure de chaux, en agitant avec une baguette de verre. On laisse reposer, on tire à clair ou l'on filtre.

Le litre de ces chlorures ainsi préparés ne revient pas à plus de 5 à 6 centimes.

C'est surtout le *chlorure de chaux* à l'état solide qu'on fabrique en grand, parce qu'il se conserve mieux et est

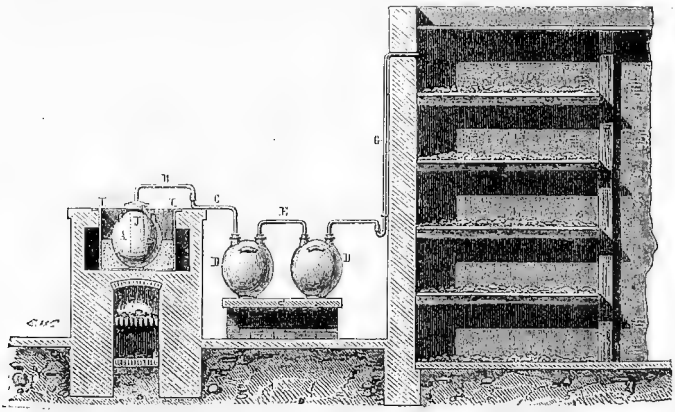


Fig. 6. — Appareil pour le chlorure de chaux solide.

plus facilement transportable. On se sert généralement de l'appareil suivant (*fig.* 6).

C'est une grande chambre en maçonnerie garnie sur son pour-

tour de rangées de tablettes superposées, sur lesquelles on étend de la chaux éteinte ou hydratée en couche de 10 à 15 centimètres d'épaisseur; le sol de cette chambre en est également recouvert. Les tablettes sont en bois bitumé et mieux en glace commune que le chlore n'attaque pas. La porte est en bois recouvert de plomb laminé; les jointures en sont lutées avec de l'argile.

Le chlore est amené de l'appareil de production dans le haut de la chambre au moyen d'un tube en plomb G. Son dégagement doit être très-lent, pour éviter que la chaux s'échauffe et qu'il se forme du chlorate au lieu d'hypochlorite. Plus la chambre est petite, plus on met de temps à effectuer la saturation de la chaux.

On reconnaît que celle-ci est terminée quand l'atmosphère de de la chambre conserve la couleur jaune du gaz, ce dont on s'aperçoit au moyen d'ouvertures placées en regard et closes par des vitres. On laisse tomber la vapeur, on ouvre la porte et les petites fenêtres, afin de bien ventiler et de chasser l'excès du chlore non absorbé qui incommoderait gravement les ouvriers, et on enlève le chlorure de chaux; on l'enferme le plus promptement possible dans des tonneaux bien secs, garnis de papier fort, qu'on plâtre ensuite à l'extérieur sur les fonds.

Le bon chlorure de chaux renferme au moins 100 litres de chlore par kilogramme. Voici sa composition comparée à celle du même chlorure liquide :

	Chlorure pulvérulent.	Chlorure liquide.
Chlore.	32,7	43,9
Chaux.	51,0	34,1
Eau.	16,3	22,0
	100,0	100,0

Sous le même poids, le chlorure liquide contient donc beaucoup plus de chlore, aussi est-il avantageux de le fabriquer, de préférence au chlorure solide, lorsqu'on doit l'employer sur place.

Chlorométrie. — La quantité de chlore contenue dans les hypochlorites du commerce n'étant jamais la même, et variant suivant les circonstances qui ont accompagné leur préparation et leur conservation, vous concevez qu'il est important de pouvoir estimer leur richesse en cet élément. Cette richesse détermine

leur valeur commerciale, puisqu'ils agissent uniquement en raison du chlore qu'ils renferment, et absolument de la même manière et avec le même degré d'intensité que si ce métalloïde y était à l'état de liberté.

C'est à l'ensemble des opérations qui ont pour but de mesurer cette richesse qu'on donne le nom de *chlorométrie*. C'est Descroizilles, de Rouen, qui le premier, en 1794, a eu l'idée d'évaluer la force d'un chlorure de chaux par la quantité de solution d'indigo décolorée par un poids constant de ce composé; mais comme ce mode d'essai n'est pas susceptible d'une grande précision, Gay-Lussac remplaça, en 1835, l'action décolorante sur l'indigo par l'action oxygénante sur l'acide arsénieux.

La nouvelle méthode, qui a été généralement adoptée, repose sur ce fait que lorsqu'on met en présence d'acide arsénieux dissous dans l'eau du chlore libre ou à l'état d'acide hypochloreux, l'eau est décomposée ; que son oxygène convertit l'acide arsénieux en acide arsénique, tandis que son hydrogène change le chlore en acide chlorhydrique. C'est ce qu'indique l'équation suivante :

$$AsO^3 + 2HO + 2Cl = AzO^5 + 2HCl.$$

Un litre de chlore gazeux et sec qui pèse, dans les conditions normales, $3^{gr},17$, étant dissous dans 1 litre d'eau, convertit entièrement en acide arsénique $4^{gr},459$ d'acide arsénieux dissous dans 1 litre d'eau.

Ceci posé, il est évident qu'en prenant un volume de la dissolution arsénieuse et y ajoutant une solution de chlore dont la force n'est pas connue, on pourra trouver celle-ci par le volume de liqueur chlorée nécessaire à la suroxydation de l'acide arsénieux. Cette force sera en raison inverse du nombre de parties qu'il aura fallu en employer pour détruire le volume de la dissolution arsénieuse.

Pour apprécier le moment où cette transformation est opérée, on a recours à un moyen ingénieux découvert par Gay-Lussac; on colore légèrement la dissolution arsénieuse avec une solution d'indigo. La solution chlorée qu'on y ajoute n'altère pas la couleur tant qu'il y a de l'acide arsénieux à transformer, mais aussitôt que tout l'acide est changé en acide arsénique, la couleur

bleue disparaît instantanément par le plus léger excès de chlore, et le liquide devient aussi transparent et aussi incolore que l'eau.

La dissolution arsénieuse dont on se sert comme *liqueur d'épreuve*, se prépare en dissolvant, à l'aide d'une douce chaleur, $4^{gr},459$ d'acide arsénieux pur en poudre, dans 52 grammes d'acide chlorhydrique à 22°, bien pur, exempt d'acide sulfureux et étendu de son volume d'eau. La dissolution étant faite, on la verse dans une carafe jaugeant 1 litre ; on lave le vase qui a servi avec de l'eau distillée, qu'on introduit ensuite dans la carafe, et on ajoute dans celle-ci assez d'eau pour compléter le volume d'un litre, ce qui a lieu lorsque le bas du ménisque vient affleurer le plan horizontal du cercle gravé sur le col de l'instrument (*fig.* 7).

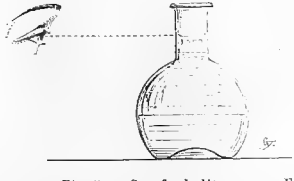


Fig. 7. — Carafe de litre.

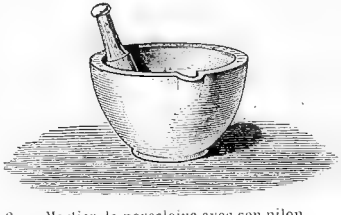


Fig. 8. — Mortier de porcelaine avec son pilon.

Ceci entendu, on procède à l'essai d'un chlorure de chaux solide de la manière suivante ;

On prélève symétriquement des échantillons dans la masse du

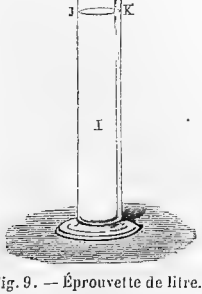


Fig. 9. — Éprouvette de litre.

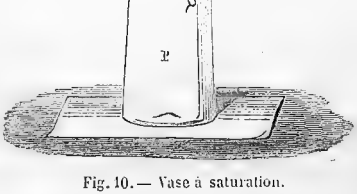


Fig. 10. — Vase à saturation.

chlorure qu'il s'agit de *titrer*, et on en compose un échantillon moyen

dont on pèse 10 grammes avec soin. On les broie dans un mortier de porcelaine (*fig.* 8) et on les délaye avec de l'eau pour en faire une bouillie claire qu'on verse dans une éprouvette à pied I d'un litre (*fig.* 9). On lave bien le mortier et son pilon, on ajoute cette eau de lavage à la bouillie; puis on remplit l'éprouvette I d'eau pure jusqu'au trait circulaire JK, ce qui forme le volume d'un litre. On mélange bien toute la masse liquide, on laisse ensuite reposer pour que la chaux en excès dans le chlorure se dépose ; on a ainsi une solution claire propre à être titrée.

On met alors dans un vase P (*fig.* 10), placé sur une feuille de papier blanc, 10 centimètres cubes de liqueur d'épreuve, mesurée

Fig. 11. — Pipette de 10cc.

Fig. 12. — Flacon à sulfate d'indigo.

Fig. 13. — Burette graduée.

au moyen de la pipette M (*fig.* 11); ce volume est compris entre sa pointe et le trait circulaire *n*, *o*. On colore cette liqueur, écoulée de la pipette dans le verre, avec une goutte ou deux de sulfate d'indigo qu'on retire du flacon (*fig.* 12) au moyen du tube plein qui traverse son bouchon.

Ceci fait, on remplit de la solution du chlorure une burette cylindrique et graduée (*fig.* 13) en verre, portant à la partie inférieure un tube latéral recourbé en siphon. 100 divisions ou degrés de cette burette équivalent aux 10 centimètres cubes de la liqueur d'épreuve, et chaque degré est égal à 1 centième du volume de cette liqueur.

La burette étant pleine de la solution chlorée jusqu'au 0 de l'échelle, on en laisse écouler goutte à goutte par le bec recourbé dans le vase P, en communiquant à celui-ci un mouvement giratoire continu. On arrête l'écoulement lorsque la coloration bleue de la liqueur d'épreuve disparaît instantanément.

On note alors le nombre des divisions de la solution chlorée qui ont été nécessaires pour amener ce résultat. On recommence l'essai en mettant dans le vase P 10 centimètres cubes de liqueur d'épreuve qu'on ne colore pas, et en y versant d'un seul coup autant de solution chlorée qu'on en a employé dans la première opération. Si, dans ce cas, une goutte de sulfate d'indigo, ajoutée dans le mélange, se décolore aussitôt, et qu'une autre goutte y conserve sa nuance, on est certain qu'on a employé la quantité de chlorure de chaux exactement nécessaire pour la conversion de l'acide arsénieux en acide arsénique. Il ne reste plus qu'à tirer les conclusions de l'essai.

Le *titre* du chlorure n'est pas donné immédiatement par le nombre des divisions de liqueur chlorée sortie de la burette ; il est en raison inverse de ce nombre, puisque évidemment un chlorure sera d'autant plus riche qu'il en faudra moins pour suroxyder l'acide arsénieux.

Supposons qu'il ait fallu 108 divisions de chlorure pour détruire les 10 centimètres cubes de liqueur d'épreuve, le titre de ce chlorure sera égal à

$$\frac{100 \times 100}{108} = 92^{\circ}6$$

Comme on a opéré sur 10 grammes de chlorure, c'est-à-dire sur la centième partie d'un kilogramme, et que chaque degré de la burette équivaut à un centième de litre, 92°,6 pour 10 grammes représentent $0^{lit},926$ de chlore. Pour 100 grammes, c'est $9^{lit},26$, et pour 1 kilogramme, c'est 100 fois plus ou $92^{lit},6$.

Ainsi, en rapportant par la pensée le titre au kilogramme de chlorure de chaux, le nombre de degrés exprimés par le titre représentera un égal nombre de litres de chlore sec contenu, dans les conditions normales, dans 1 kilogramme de chlorure de chaux.

On peut, au reste, éviter ce petit calcul en recourant aux

tables dressées par Gay-Lussac et qui indiquent le titre correspondant à chaque volume de chlorure employé pour détruire les 10 centimètres cubes de liqueur d'épreuve ; ou bien en employant les burettes de Collardeau sur lesquelles sont inscrits les degrés chlorométriques en regard des divisions de l'instrument.

En multipliant les degrés chlorométriques par $3^{gr},17$, poids du litre de chlore, on convertira en grammes le volume de chlore contenu dans 1 kilogramme de chlorure. Si donc le titre est de $92^{lit},6$, on a

$$92,6 \times 3^{gr},17 = 293^{gr},542.$$

ce qui veut dire que 1 kilogramme de ce chlorure contient $92^{lit},6$ ou un poids de $293^{gr},542$ de chlore.

EXTRACTION DE L'IODE ET DU BROME

Lorsqu'en 1811 le salpêtrier Courtois découvrit par hasard l'iode dans les eaux-mères de la soude de varechs ; lorsque, quinze ans plus tard, M. Balard, alors préparateur de chimie à la faculté des sciences de Montpellier, isolait le brome des eaux-mères des marais salants, personne ne pouvait prévoir que ces deux métalloïdes, si curieux par leurs propriétés, leurs analogies avec le chlore et leur association presque constante dans les deux règnes, finiraient par prendre rang parmi les agents les plus utiles de la thérapeutique et de la photographie.

C'est cependant ce qui a eu lieu, si bien qu'à notre époque l'extraction de ces corps constitue une industrie qui donne du travail, pendant une grande partie de l'année, sur les côtes de Bretagne et de la basse Normandie, à près de quatre mille familles. Disons en quoi elle consiste.

La matière première n'est pas, comme vous pourriez le croire, l'eau de la mer, qui ne renferme que des millionièmes d'iode et de brome, mais certaines algues marines qui ont la faculté d'absorber et de concentrer dans leurs tissus les iodures et les bromures alcalins qui paraissent nécessaires à leur développement.

Ces algues portent les noms vulgaires de *goëmons*, de *varechs;* ce sont des *Fucus* et des *Laminaria* pour les botanistes. Voici quelques-unes des plus communes (*fig.* 14 à 17). Ces plantes carti-

lagineuses et bizarrement conformées, croissent en abondance sur

Fig. 14. — Fucus vésiculeux, dit *Craquet*.

Fig. 15. — Fucus siliqueux.

le littoral de la Manche et de l'Océan. Depuis des siècles on les ré-

Fig. 16. — Fucus dentelé, dit *Vraiplat*.

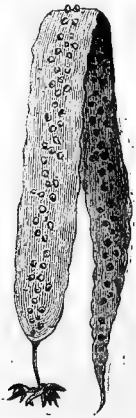


Fig. 17. — Laminaire sucrée, dite *ceinture de Vénus*.

colte sur les rochers à marée basse; on les fait sécher au soleil, puis on les entasse dans des fosses creusées sur la grève et on les brûle

pour avoir leurs cendres. Celles-ci, en grande partie fondues, se prennent en masses compactes, assez dures, d'un gris foncé.

Cendres ou soude brute de varechs. — C'est là ce qu'on appelle *soude brute de varechs*, bien improprement, puisqu'il n'y a que des traces de carbonate de soude et que ces cendres offrent en moyenne la composition suivante sur 100 parties en poids :

Matières solubles.		Matières insolubles.		
Sulfate de potasse. . . .	10,205	Carbonate de chaux . . .		en tout 57,000
Chlorure de potassium. .	13,476	Oxysulfure de calcium . .		
Chlorure de sodium. . .	16,018	Phosphate de chaux. . .		
Iodures alcalins.	0,600	— de magnésie .		
Sels étrangers et bromures.	2,705	Silice et charbon.		
	43,000			

Pendant longtemps, ces cendres ne furent employées qu'à l'état brut dans les verreries pour la fabrication des verres communs, des verres à bouteille. Dans le commencement de ce siècle, on les raffina en les soumettant à des lessivages méthodiques pour avoir tous les sels solubles, qu'on ramenait à l'état solide par évaporation dans des chaudières en tôle. Ce mélange de sels blancs, désigné sous le nom commercial de *sels de varechs*, était vendu aux fabricants d'alun, aux salpêtriers, aux verriers.

Mais à partir de 1824, M. Tissier aîné, élève de Clément-Désormes, organisa dans une usine de Cherbourg l'isolement des divers sels solubles, pour les faire servir à part dans les industries spéciales qui les réclament, le sulfate de potasse pour la fabrication de l'alun, le chlorure de potassium pour la conversion de l'azotate de soude en salpêtre, le sel marin pour la fabrication du sulfate de soude, enfin les iodures et les bromures alcalins pour l'obtention de l'iode et du brome.

Le procédé pour isoler successivement chacun de ces différents sels repose sur les différences de solubilité qu'ils présentent à froid, et à la température de l'ébullition. Voici, en peu de mots, comment on opère.

Traitement des cendres de varechs pour l'isolement des sels.—La cendre brute de varechs, pilée grossièrement, est soumise à un premier lessivage méthodique dans une série de cuves

en bois de 1 mètre de hauteur, munies chacune d'un faux fond (*fig.* 18) en bois ou en tôle perforée. Chacune de ces cuves porte deux tuyaux à trois ouvertures permettant d'établir aisément la communication avec l'une quelconque des cuves qui l'avoisinent.

On fait d'abord arriver de l'eau dans le premier couple de cuves par des robinets supérieurs, et cette eau, après avoir agi sur la

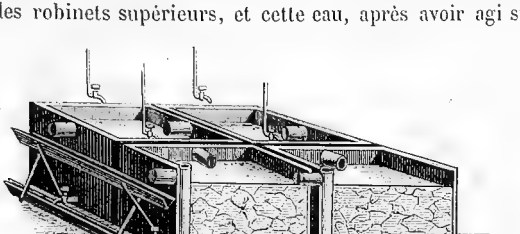


Fig. 18. — Appareil pour le lessivage méthodique des cendres brutes de varechs.

soude, passe dans le second couple, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'elle ait acquis la densité de 15 à 18° à l'aréomètre. De cette manière, on dissout la presque totalité des chlorures de sodium et de potassium, beaucoup plus solubles que le sulfate de potasse.

Si l'on soumet à la concentration et à l'ébullition cette dissolution des deux chlorures, le sel marin se dépose à l'état cristallin, dès que la liqueur marque 35° à l'aréomètre ; on l'enlève au fur et à mesure avec des écumoires, et on fait passer la liqueur dans des cristallisoirs où, par le refroidissement, le chlorure de potassium s'isole en cristaux volumineux. En traitant les eaux-mères de la même manière, on arrive à séparer presque complétement le sel marin à l'ébullition, et le chlorure de potassium par la cristallisation à la température ordinaire.

Le marc des cendres est soumis à un deuxième lavage méthodique, que l'on prolonge jusqu'à ce que les nouvelles eaux ne marquent plus que 8°. L'eau se charge alors du sulfate de potasse que le premier lessivage n'avait point attaqué. La solution étant évaporée à l'ébullition dans des chaudières plates en tôle, jusqu'à ce que leur densité se soit élevée à 28 ou 30° de l'aréomètre, le

sulfate de potasse se dépose à l'état de cristaux très-fins que l'on enlève au moyen d'écumoires. L'eau-mère siphonée dans des cristallisoirs abandonne des chlorures de potassium et de sodium que l'on fait rentrer dans le cours du travail pour les séparer.

Isolement de l'iode. — Les dernières eaux-mères qui restent après le dépôt successif du sel marin et du chlorure de potassium, et qui marquent 55°, peuvent alors servir à l'extraction de l'iode et du brome. Dans les usines françaises, établies à Cherbourg, à Granville, à Vannes, au Conquet près Brest, on opère d'après le procédé indiqué par Barruel.

On commence par faire bouillir ces eaux-mères avec une petite quantité d'acide sulfurique, dans une chaudière de fonte, pour détruire tous les sels étrangers (carbonates, sulfures, hyposulfites et sulfites alcalins) qui s'y trouvent encore; on laisse refroidir et déposer la liqueur, que l'on soutire ensuite au clair.

On ajoute assez d'eau pour que la densité du liquide descende à 25°, on l'introduit dans de grandes tourilles en grès et on y fait arriver un courant de chlore, afin de décomposer les iodures alcalins et de mettre l'iode en liberté. La réaction se traduit ainsi :

Iodure de potassium.		Chlore.		Chlorure de potassium.		Iode.
KJ	+	Cl	=	KCl	+	I.

Le liquide, traversé par les bulles de chlore, se colore fortement, se trouble et laisse enfin déposer l'iode sous forme de poudre noire. On évite de faire passer un excès de chlore pour ne pas décomposer les bromures et ne pas produire du chlorure d'iode soluble et volatil.

Lorsque tout l'iode s'est réuni au fond des tourilles et que la liqueur surnageante est claire, on la fait écouler, on lave le dépôt à plusieurs reprises par décantation, on le fait égoutter dans des entonnoirs en grès, puis on le sèche sur des feuilles de papier non collé, posées sur une couche épaisse de cendres tassées dans une caisse. On le soumet enfin à la sublimation dans des cornues de grès CC (*fig.* 19), placées en plus ou moins grand nombre, des deux côtés d'une grande chaudière B en fonte, remplie de sable et disposée sur un fourneau.

Les vapeurs d'iode se rendent dans des récipients en grès AA à

couvercles mobiles et à faux fonds percés de trous par lesquels l'eau condensée s'égoutte. Ces récipients sont munis de tubes *tt*,

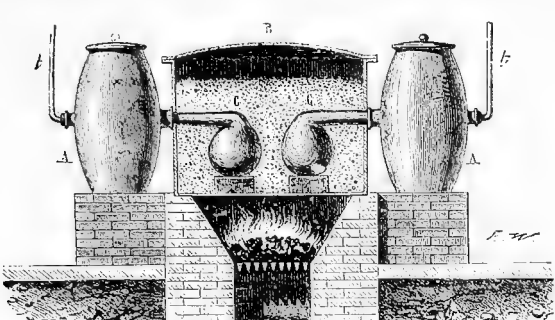


Fig. 19. — Sublimation de l'iode dans l'appareil des fabriques.

destinés à conduire les vapeurs d'iode non condensées dans une sorte de chambre où elles se déposent.

Chaque cornue reçoit une charge de 20 kilogrammes d'iode.

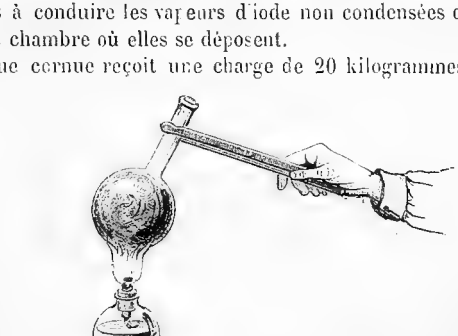


Fig. 20. — Essai de l'iode.

On y fait plusieurs sublimations successives avant d'enlever les cristaux du récipient, afin de les avoir plus volumineux.

On ne doit considérer l'iode comme pur, que lorsqu'il se dissout dans l'alcool en totalité, et qu'il se volatilise sans résidu en belles vapeurs violettes, lorsqu'on le chauffe à 180° dans un tube ou dans un ballon (*fig.* 20).

Isolement du brome. — Les eaux-mères, d'où l'on a précipité l'iode au moyen du chlore, renferment du bromure de magnésium. On les évapore dans une chaudière de plomb recouverte d'un chapiteau, afin de préserver les ouvriers des vapeurs si dangereuses d'iode qu'elles émettent, puis on mélange le résidu avec du bioxyde de manganèse et de l'acide sulfurique, et on chauffe le tout, en petit, dans une cornue placée au bain de sable (*fig.* 21), en grand, dans la chaudière de plomb précé-

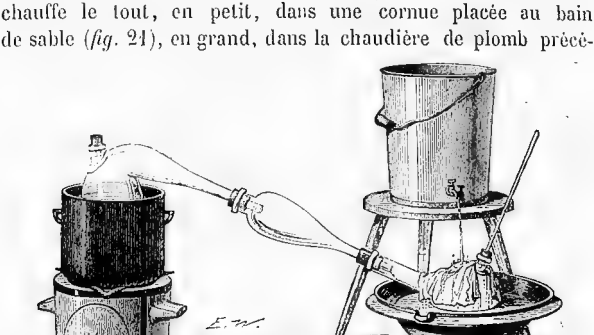


Fig. 21. — Extraction du brome en petit.

dente, en ajoutant au chapiteau une allonge, qui conduit les vapeurs de brome dans un ballon refroidi, contenant de l'acide sulfurique, sous lequel le brome plus dense vient se réunir.

La réaction qui met le brome en liberté est la même que celle qui isole le chlore du sel marin en présence du bioxyde de manganèse et de l'acide sulfurique (procédé de Berthollet); aussi la même équation leur est commune :

Bromure de magnésium.		Sulfate de magnésie.		Brome.
$MgBr$	$+ MnO^2 + 2SO^3,HO =$	MgO,SO^3	$+ MnO,SO^3 + 2HO +$	$Br.$

Quand l'opération est terminée, on décante le brome et on le conserve dans des flacons à l'émeri. Son maniement n'est pas sans danger. Lorsqu'on veut l'avoir exempt d'eau, on le rectifie sur du chlorure de calcium fondu dans un appareil distillatoire en verre.

EXTRACTION DU PHOSPHORE.

Le principal emploi du phosphore, vous ai-je dit dans la deuxième partie du Cours, est de servir à la fabrication des *allumettes chimiques*. Cette humble industrie consomme de très-grandes quantités de ce corps simple, aussi son extraction est-elle devenue très-active depuis une quarantaine d'années.

On y procède encore aujourd'hui d'après le procédé que Gahn et Scheele ont indiqué en 1769, en utilisant les os comme matière première.

Les os qui, comme vous le savez, constituent la partie la plus solide du corps des animaux, ne sont autre chose qu'un tissu cellulaire fort épais, incrusté d'une grande quantité de matières minérales, parmi lesquelles domine un sous-phosphate de chaux de la formule suivante = $8CaO,3PhO^5$. Sur 100 parties d'os dépouillés de la moelle ou graisse, il y a, en moyenne :

Matière organique azotée.	33
Sous-phosphate de chaux.	57
Carbonate de chaux et autres sels. . . .	10
	100

Vous n'êtes pas sans avoir vu comment se comporte un os projeté sur des charbons ardents ? Vous avez remarqué qu'il ne tarde pas à s'enflammer, en répandant une odeur fétide, qu'il brûle pendant quelque temps en devenant tout noir, puis que peu à peu il blanchit et, sans perdre sa forme, arrive à l'état d'une substance blanche, friable, d'apparence terreuse.

Ce qui brûle et fournit les gaz combustibles, les vapeurs odorantes, c'est le tissu cellulaire et la graisse de l'os; quant aux sels minéraux qui l'endurcissaient, ils se retrouvent intacts dans le résidu terreux ou la *terre animale* des anciens chimistes.

Eh bien ! c'est avec ce résidu, ou les *os calcinés à blanc*, comme l'on dit en termes techniques, qu'on opère l'extraction du phos-

phore. Mais, dans les fabriques on effectue la calcination, non à l'air libre, à cause des gaz et vapeurs infectes qui se répandent au loin, mais dans un four coulant, fumivore, semblable aux fours à chaux continus, tel que celui qui est représenté ici (*fig.* 22).

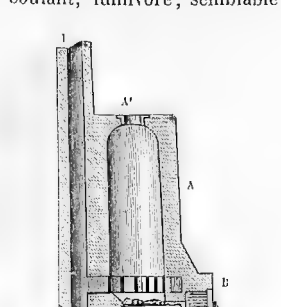


Fig. 22. — Four à calciner les os.

On met le feu aux os qui remplissent l'intérieur A à l'aide de menu bois placé sur la grille C; l'ouverture A′ est fermée; une galerie circulaire B munie de carneaux reçoit la flamme du foyer et la dirige dans la grande cheminée D. La combustion, une fois commencée, se propage d'elle-même, et d'une manière complète, puisque tous les produits liquides et gazeux traversent la masse incandescente et s'y brûlent. On retire, au bout d'un certain temps, les barreaux de la grille C pour que les os calcinés tombent sur le plan incliné situé au-dessous et puissent être retirés par la porte E. On alimente le four au fur et à mesure par le haut A′.

Les os calcinés sont écrasés sous des meules verticales. La poudre, passée au tamis, est délayée avec de l'eau dans un bassin de plomb et additionnée de 75 pour 100 d'acide sulfurique à 66°, que l'on ajoute par petites portions à la fois, en remuant continuellement. On entretient le mélange très-fluide par des affusions d'eau. On laisse le tout en contact pendant vingt-quatre heures. L'acide sulfurique s'empare alors de la chaux du carbonate en déterminant une assez vive effervescence, en même temps qu'il convertit le sous-phosphate de chaux en phosphate acide soluble en lui enlevant une partie de sa base; c'est ce que montre l'équation suivante :

Carbonate de chaux.	Sous-phosphate de chaux.	Acide sulfurique.	Sulfate de chaux.	Phosphate acide de chaux.
$(CaO,CO^2) + (3CaO,2PhO^5) + 6(SO^3,HO) = 6(CaO,SO^3) + 3(PhO^5,2HO,CaO).$				

On décante le liquide devenu clair, on lave le dépôt à plusieurs reprises, d'abord avec de l'eau bouillante, puis avec de l'eau froide ; on le fait ensuite égoutter sur des toiles (*fig.* 23) ; on concentre toutes les liqueurs réunies dans des bassins de plomb jus-

Fig. 23. — Préparation du phosphate acide de chaux. — Épuisement du résidu par l'eau.

qu'à la densité de 33° et on laisse refroidir, pour que le sulfate de chaux qui s'était dissous à la faveur de l'excès d'acide phosphorique se dépose. On filtre à travers un tissu de laine et on évapore jusqu'en consistance de miel le phosphate acide de chaux.

On ajoute alors à ce sel 20 pour 100 de charbon de bois en poudre fine, on dessèche le mélange aussi fortement que possible dans une chaudière plate en fonte et on l'introduit dans des cornues en terre enveloppées d'une couche mince d'argile et de crottin de cheval.

On emploie ordinairement pour chauffer ces cornues un *fourneau à alandier* (*fig.* 24) en briques, alimenté avec du bois ou de la houille, et dans lequel on place quatre cornues CC de chaque côté. La flamme du foyer, qui est à l'une des extrémités, passe tout autour des cornues, s'engage dans la voûte E et sort par la cheminée H. Le phosphore est reçu dans des récipients de cuivre AA, plongés dans des bassins BB pleins d'eau froide ; ils ont dans le haut une ouverture DD assez large pour y passer le bras ; on la maintient bouchée pendant le cours de l'opération ; une tubulure étroite *ee*, placée à côté, reçoit un tube de verre qui donne issue aux gaz. La tubulure latérale *ff* sert de trop-plein. On remplit à

moitié chaque récipient avec de l'eau chaude, sans quoi les premières vapeurs de phosphore se condenseraient sous la forme de poudre.

On porte lentement les cornues au rouge blanc ; ce n'est qu'à cette température que le phosphore commence à paraître et vient

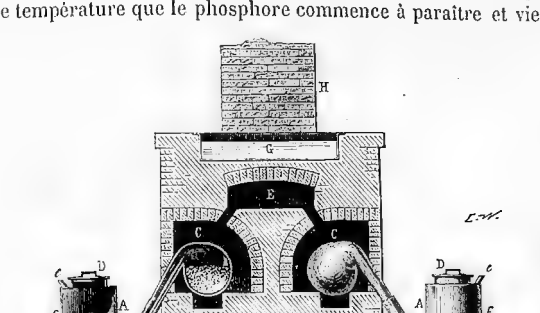


Fig. 21. — Four à alandier pour l'extraction du phosphore.

se condenser dans les récipients. Sa mise en liberté est précédée et accompagnée de plusieurs gaz qui, vers la fin, s'embrasent spontanément dès qu'ils arrivent au contact de l'air. L'opération est terminée lorsque tout dégagement cesse ; elle dure ordinairement soixante heures.

La théorie de cette opération est fort simple, en négligeant les faits accessoires et en admettant la pureté des matières premières. Il reste dans la cornue du pyrophosphate de chaux (PhO^5,2CaO) avec l'excès de charbon ; dans le récipient se trouve du phosphore ; et, pendant le cours de la réaction, il se dégage de l'oxyde de carbone ; d'où il est facile de voir que le charbon, en réagissant sur l'excès d'acide du phosphate, lui enlève son oxygène, se change en oxyde de carbone, et met ainsi le phosphore en liberté :

Phosphate acide de chaux.		Charbon.		Oxyde de carbone.			Pyrophosphate de chaux.	Phosphore.
$2(PhO^5,2HO,CaO)$	+	5C	=	5CO	+	4HO	+ $(PhO^5,2CaO)$	+ Ph.

Mais comme il y a toujours de l'eau dans le mélange, bien qu'on l'ait desséché, il arrive qu'à une certaine température ce

liquide est décomposé par le charbon, et qu'il se produit ainsi des gaz oxyde de carbone et hydrogène carboné ; ces gaz chauds entraînent des vapeurs de phosphore qui prennent feu dès qu'elles ont le contact de l'air. L'apparition de ce phénomène indique le moment où commence la distillation du phosphore.

Il y a nécessité de purifier ce dernier, car il est en grains ou fragments, peu fusibles et colorés en rouge orangé ou en brun. On l'obtient incolore et transparent, en le faisant fondre sous l'eau chaude, dans un sac de peau de chamois A, à travers lequel on le force à passer au moyen d'une pression convenable (*fig.* 25).

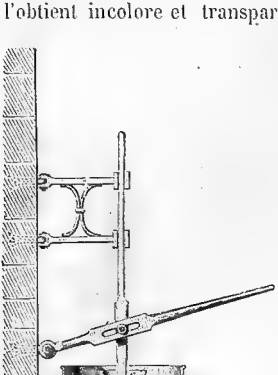


Fig. 25. — Purification du phosphore.

On le moule en cylindres en l'aspirant, tandis qu'il est liquide sous l'eau chaude, par l'extrémité la plus large d'un tube de verre un peu conique, qu'on bouche inférieurement avec le doigt et qu'on refroidit brusquement par son immersion dans l'eau froide. Comme cette manière d'opérer est fort dangereuse, on la remplace généralement par le procédé suivant qui est en même temps plus expéditif.

Le phosphore est fondu, sous une couche d'eau, dans un vase conique *a* en cuivre (*fig.* 26), placé dans un bain-marie *b*. Un tuyau coudé à robinet *c*, soudé à la partie inférieure du vase *a*, permet de faire couler le phosphore à volonté dans des tubes de verre qu'on plonge dans un bac *d* rempli d'eau tiède et qu'on embouche successivement dans le bout du tuyau *c* qui perce la paroi du bac. Le phosphore, en entrant dans ces moules en verre, en chasse l'eau et s'y solidifie ; il suffit d'une légère secousse pour l'en faire sortir.

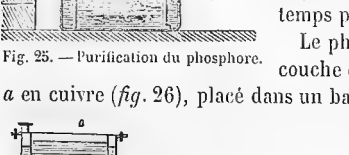


Fig. 26. — Appareil pour le moulage du phosphore.

On retire habituellement de 8 à 10 kilogrammes de phosphore de 100 kilogrammes d'os calcinés, sur les 16 à 17 kilogrammes qui s'y trouvent. La seule usine de MM. Coignet, à Lyon, produit annuellement plus de 40000 kilogrammes de ce métalloïde [1].

[1] Les ouvriers de cette usine, passant toute la journée au milieu de vapeurs de phosphore, en absorbent une certaine quantité puisque les gaz qu'ils expulsent de leur estomac par des éructations paraissent lumineux dans l'obscurité. On dirait qu'ils vomissent des flammes. Ils se font un véritable jeu de ce phénomène, qui émerveille fort les étrangers qui les visitent.

CHAPITRE II

ACIDES

Les acides qui sont l'objet d'une grande consommation et qui donnent lieu à des opérations industrielles d'une certaine importance, sont les acides sulfurique, azotique, chlorhydrique, carbonique et borique.

ACIDE SULFURIQUE

Vous vous rappelez que cet acide se trouve dans le commerce sous deux formes distinctes : l'*acide fumant de Saxe* et l'*huile de vitriol*. Voyons comment on les obtient.

Préparation de l'acide de Saxe. C'est actuellement en Bohême que s'est concentrée la fabrication de cet acide, principalement aux environs de Carlsbad. Là, on tire parti des eaux-mères incristallisables provenant de la préparation de la couperose au moyen d'argiles pyriteuses.

Après les avoir évaporées à siccité et avoir fortement desséché le résidu, on le calcine dans des cornues AA en terre disposées les unes à côté des autres, au nombre de 200, dans un fourneau de galère, ainsi que le montre la figure 27. Ces cornues sont placées sur deux ou trois étages, dans une position presque horizontale et chacune d'elles est en communication par son col avec un récipient B en terre. Ce dernier contient un peu d'huile de vitriol pour mieux absorber les vapeurs qui sortent des cornues.

Une opération dure quarante-huit heures ; elle produit 45 p. 100 d'acide fumant à 67°. Les 100 kilogrammes se vendent sur place 23 francs, et en France de 140 à 150 francs. On en importe, année commune, 30000 kilogrammes qui servent presque exclusivement à la fabrication du carmin d'indigo.

On en fabrique aux environs de Paris une certaine quantité, en calcinant du bisulfate de potasse ou de soude préalablement des-

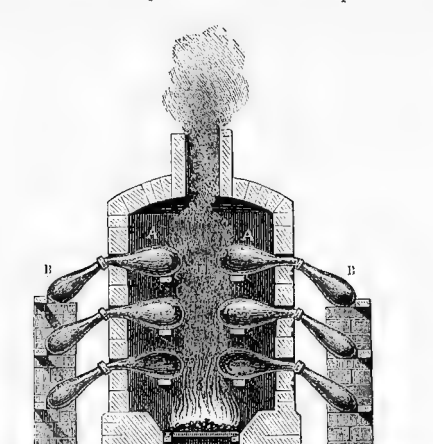


Fig. 27. — Fabrication de l'acide sulfurique de Saxe.

séché. On ne recueille que les derniers produits qui sont riches en acide fumant. On les vend à raison de 100 francs les 100 kilogrammes.

Préparation de l'huile de vitriol. — C'est à un médecin chimiste de la fin du seizième siècle, Angelus Sala, né à Vicence, mais qui passa toute sa vie en Allemagne, qu'on doit la première idée de produire l'acide sulfurique par la combustion du soufre dans l'air humide. La fabrication industrielle ne commença réellement qu'un siècle après, lorsqu'un nommé Ward monta à Richmond, près de Londres, une usine dans laquelle on effectuait la combustion du soufre avec l'aide du nitre, ainsi que l'avaient conseillé Le Fèvre et Lemery, célèbres chimistes parisiens de cette époque. On opérait dans d'immenses ballons de verre. Le prix de l'acide tomba bientôt de 32 fr. 70 c. le kilogramme à 6 fr. 25 c. ; ce

prix descendit à 40 ou 50 centimes, lorsqu'en 1746, Roebuck et Garbett eurent remplacé les ballons de verre par de vastes chambres de plomb. Cet important perfectionnement s'accomplit à Birmingham, suivant les uns, à Prestonpans en Écosse, suivant les autres.

L'importation des chambres de plomb à Rouen eut lieu en 1766, grâce à Holker, filateur anglais, que la révolte du prince Charles Édouard, à laquelle il prit part, força de chercher un refuge en France, où il se fit naturaliser. Ce fut le même qui dota Rouen des calandres à chaud pour l'apprêt des étoffes, des filatures de coton, de la teinture en bleu à chaud, des fabriques de plusieurs espèces de tissus de coton, particulièrement de velours, alors inconnus dans le pays.

Une amélioration remarquable, l'injection de la vapeur d'eau pendant le cours de la combustion du mélange de soufre et de nitre, fut introduite en 1774 par un ingénieux chimiste de Rouen, nommé de la Follie. Enfin, vers 1810, c'est encore dans la même ville que fut imaginé le système de combustion continue, qui est encore suivi de nos jours dans tous nos grands établissements de Rouen, de Paris, de Lyon, de Marseille, de Lille, etc. C'est Jean Holker, petit-fils de l'importateur des chambres de plomb, qui est l'auteur de ce procédé méthodique qui permet de réaliser, à très-peu de chose près, la quantité d'acide indiquée par la théorie.

Vous avez sous les yeux une coupe générale de l'appareil perfectionné tel qu'il fonctionne en ce moment (*fig.* 28).

La combustion du soufre brut a lieu sur la sole en tôle des deux fours accouplés AA, que recouvrent deux chaudières à vapeur dont l'eau est portée à l'ébullition par la chaleur dégagée par la combustion du soufre. Un tuyau *cd* conduit la vapeur dans les diverses chambres.

A l'extrémité des fours, de gros tubes en tôle BB dirigent le gaz sulfureux mêlé d'air dans une cheminée commune B′ de 6 à 7 mètres de hauteur, qui le déverse à son tour dans une petite chambre en plomb CC, dite *premier tambour*, où se trouvent disposées des tablettes inclinées en plomb. De l'acide sulfurique chargé de produits nitreux, dont j'indiquerai bientôt l'origine, tombe régulièrement du récipient *h* sur la première tablette, et

coule de là sur les autres pour se réunir sur le fond du tambour.

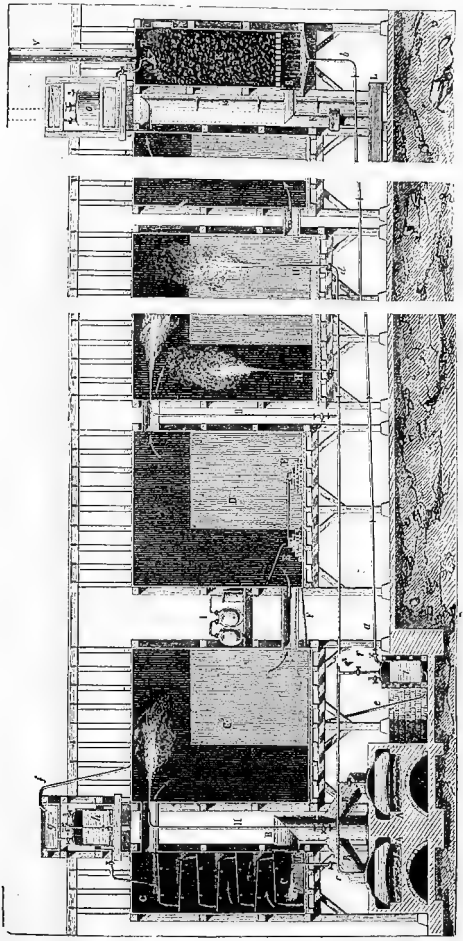


Fig. 28. — Grand appareil pour la fabrication de l'acide sulfurique ordinaire.

Une partie des produits nitreux réagit sur le gaz sulfureux et le

transforme en acide sulfurique ; un jet de vapeur favorise la réaction, concourt au tirage des fours et pousse les gaz, d'abord dans un deuxième tambour C' dit *dénitrificateur*, puis dans un troisième D, tous deux de 100 mètres cubes environ de capacité.

Dans le troisième tambour, il y a, en regard du tuyau de communication, deux cascades en grès EE sur lesquelles tombe un filet continu d'acide azotique provenant de tourilles I placées en dehors entre les deux tambours. Cet acide, qui présente une grande surface de contact à l'acide sulfureux, lui donne l'oxygène nécessaire à sa transformation et se change en vapeurs nitreuses qui se mêlent à l'excès de gaz sulfureux et d'air. L'acide sulfurique formé dissout d'assez grandes quantités de produits azotés ; il gagne le fond de la chambre et coule de là, au moyen du tube en plomb F, dans le deuxième tambour, où il se trouve en contact avec des gaz renfermant beaucoup d'acide sulfureux qui lui enlève ses produits nitreux. Vous comprenez maintenant pourquoi on a donné au deuxième tambour le nom significatif de *dénitrificateur*.

Les gaz très-chargés de vapeurs nitreuses, continuant leur route, arrivent dans la *grande chambre* qui n'a pas moins de 1000 mètres cubes, et, sous l'influence de plusieurs jets de vapeur aqueuse HH, ils donnent lieu à une abondante production d'acide sulfurique. Les réactions se terminent dans deux tambours, dits *tambours en queue*, de 100^{mc} de capacité, qui servent de réfrigérants, et dans lesquels des tablettes interrompent le courant gazeux et facilitent ainsi le dépôt des vapeurs d'acide sulfurique. La condensation de celles-ci s'achève dans un réfrigérant L refroidi extérieurement avec de l'eau.

Comme les gaz qui en sortent contiennent encore beaucoup de vapeurs nitreuses, on les force à traverser un dernier tambour R rempli de gros fragments de coke sur lesquels tombe un filet continu d'acide sulfurique concentré provenant du réservoir *o*. Les gaz non absorbables, c'est-à-dire l'azote, l'oxygène, l'acide sulfureux, sortent de l'appareil par le tube V, tandis que l'acide sulfurique qui a dissous les vapeurs nitreuses en filtrant à travers le coke, va par le tube *b*,*a*, se réunir dans le réservoir *i* situé près des fours à soufre.

C'est cet acide qu'on fait monter de temps en temps dans le ré-

servoir *h* par le tuyau *e,f* au moyen d'un jet de vapeur d'eau qui, exerçant une pression de plusieurs atmosphères à la surface du liquide, le refoule jusqu'en *h*. C'est de là qu'il s'écoule sur les tablettes du premier tambour.

C'est à Gay-Lussac qu'on doit ce dernier perfectionnement, qui a permis de réduire à 4 ou 5 kilogrammes l'acide azotique nécessaire à la conversion de 100 kilogrammes de soufre en acide sulfurique.

Dans un appareil de 1500^{me} de capacité, on peut brûler 1000 kilogrammes de soufre en vingt-quatre heures, qui fournissent environ 2950 à 3000 kilogrammes d'acide à 66°, rendement peu éloigné de celui qu'indique la théorie, 3060 kilogrammes, en supposant le soufre tout à fait pur, ce qui n'arrive jamais dans la pratique. On fait arriver dans les chambres 2100 kilogrammes d'eau en vapeurs, et on règle le tirage dans l'intérieur de manière à y faire passer de 6000 à 7000 mètres cubes d'air. Une fois les opérations commencées, on ne les interrompt que lorsqu'il y a des réparations à faire dans les chambres.

Concentration de l'acide. — L'acide sulfurique, tel qu'il sort de celles-ci, marque de 40 à 50° à l'aréomètre de Baumé. Il contient donc beaucoup d'eau, et, de plus, il est souillé d'acide azotique ou hypoazotique et de sulfates de plomb et de chaux. Dans cet état, il est employé dans certaines industries, telles que la fabrication de la couperose, du sulfate d'ammoniaque, de l'acide

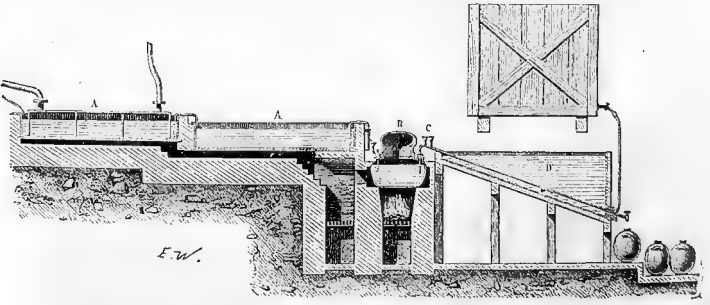


Fig. 29. — Appareil de concentration de l'acide sulfurique des chambres.

azotique, de l'acide stéarique pour les bougies ; mais pour l'affinage des métaux précieux, pour la dissolution de l'indigo et une foule

d'autres applications, il y a nécessité de le concentrer jusqu'à 66° de l'aréomètre, ainsi que le commerce l'exige.

Cette concentration s'opère en deux époques distinctes. On l'amène d'abord à 57 ou 60° en le chauffant dans des bassins en plomb peu profonds et très-larges AA (*fig.* 29), placés en étages sur un fourneau commun ; puis on achève la concentration dans une cucurbite en platine B, munie d'un chapiteau et d'un serpentin de même métal. Les eaux acides qui distillent sont reportées dans les chambres où elles se concentrent. Lorsque l'acide est arrivé à 66°, on le soutire de la cucurbite à l'aide d'un siphon en platine, C, qui y est adapté, et dans lequel il se refroidit avant d'arriver dans les cruches en grès destinées à le recevoir ; les deux branches de ce siphon sont plongées, sous une certaine inclinaison, dans un réfrigérent, D, dont l'eau est sans cesse renouvelée.

Substitution des pyrites au soufre. — Depuis une vingtaine d'années, on a remplacé dans toutes les usines de l'Angleterre, de l'Allemagne et nombre de fabriques françaises, surtout dans le Nord, le soufre brut de Sicile, d'un prix trop élevé, par les pyrites ou bisulfure de fer, pour la production de l'acide sulfureux. On les grille dans des fours, d'une forme particulière, pouvant en contenir 400 kilogrammes environ : elles sont concassées préalablement et chauffées vers 350 à 400° ; elles laissent pour résidu du sesquioxyde de fer.

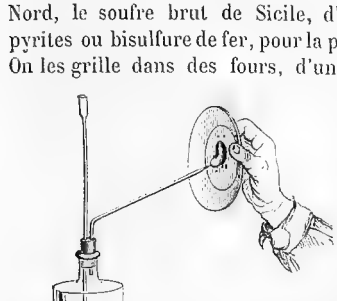


Fig. 30. — Essai de l'acide sulfurique au moyen de l'appareil de Marsh.

Malheureusement, comme il y a toujours de l'arsenic dans ces pyrites, il se produit de l'acide arsénieux, dont une bonne partie se retrouve dans l'acide sulfurique à l'état d'acide arsénique ; aussi un tel acide donne-t-il des taches abondantes avec l'appareil de Marsh (*fig.* 30). A Lyon, on purifie cet acide arsenical en y versant du sulfure de baryum dissous, qui forme du sulfate de baryte et du sulfure d'arsenic insolubles dans l'acide.

On débarrasse l'acide sulfurique du commerce des composés nitreux qu'il renferme fréquemment, en le faisant chauffer avec 2 ou 3 millièmes de sulfate d'ammoniaque, attendu que l'ammoniaque convertit tous les composés oxygénés de l'azote en eau et en azote, ainsi que le montre la légende suivante :

6 vol. acide hypoazotique	= 6 vol. oxygène	+ 3 vol. azote.
8 vol. ammoniaque	= 12 vol. hydrogène	+ 4 vol. azote.
Produit. . . .	= 12 vol. vap. d'eau	+ 7 vol. azote.

ACIDE AZOTIQUE.

Vous vous rappelez que, dans les laboratoires, on obtient cet acide en faisant réagir l'acide sulfurique sur le nitre ou azotate de potasse. En grand, on substitue à ce sel l'azotate de soude, qui, depuis 1830, arrive en énormes quantités en Europe à des prix beaucoup moins élevés ; c'est qu'il y a, dans les districts d'Atacama et de Tarapaca, près du port Yquique, au Pérou, une couche de cet azotate de plus de 20 myriamètres d'étendue sur une épaisseur assez considérable ; voilà pourquoi il porte dans le commerce les noms de *salpêtre du Pérou* ou du *Chili*, *salpêtre des mers du Sud*.

Ce sel est en petits cristaux irréguliers d'un blanc sale, plus courts que ceux du *salpêtre de l'Inde* (azotate de potasse). Il ne renferme que de 3 à 6 p. 100 de matières étrangères (sel marin, sulfate de soude, résidu insoluble, eau).

Ce qui le fait encore préférer à l'azotate de potasse pour l'obtention de l'acide azotique, c'est que, sous le même poids, il contient 1/10^{e} d'acide de plus que lui.

Pour cent parties de cet azotate, on emploie 65 parties d'acide sulfurique à 66°, qu'on ramène à 62 ou 63° à l'aide d'une quantité d'eau suffisante. Cette proportion d'acide est plus forte que celle indiquée par la théorie, mais un excès est nécessaire pour obtenir la décomposition complète du sel employé.

Celle-ci s'opérait autrefois dans des cylindres de fonte disposés horizontalement dans un fourneau approprié ; mais actuellement on trouve plus d'avantage à faire usage d'une vaste chaudière en fonte A (*fig.* 31), dans laquelle on peut charger 400 kilogrammes de sel. Cette chaudière est placée au centre d'un massif en briques ; sur l'un des côtés se trouve le foyer F ; en *cc* une ouverture fer-

mée par une plaque de fonte. On lute le couvercle de la chaudière avec de l'argile ; on adapte à sa tubulure, B, une allonge en verre

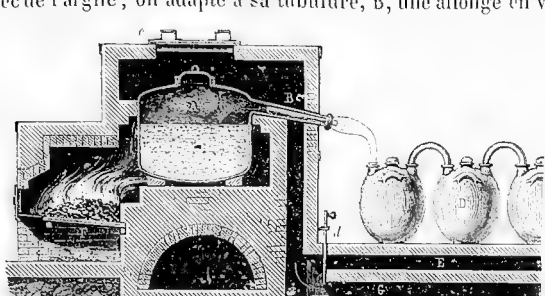


Fig. 31. — Appareil des fabriques pour la fabrication de l'acide azotique.

destinée à conduire les vapeurs acides dans des bombonnes D, contenant chacune le tiers de leur volume d'eau ou d'acide azotique faible pour mieux condenser les vapeurs.

Ces bombonnes, au nombre de douze, communiquent entre elles par des tubes courbes en grès; la dernière est en rapport avec une cheminée d'appel qui entraîne les gaz non condensés. Les vapeurs émanées de la chaudière sont assez chaudes pour rectifier et blanchir l'acide de la première bombonne ; dans les suivantes, il est jaune rougeâtre, parce qu'il contient de l'acide hypoazotique et du chlore ; on l'en dépouille en échauffant les bombonnes par les produits de la combustion qu'on fait passer, à l'aide du registre *d* qu'on soulève, dans le conduit E, au lieu de les laisser s'engager, comme d'habitude, dans la cheminée rampante G, qui les dirige dans la grande cheminée centrale qui n'est pas représentée dans la figure.

L'acide que l'on retire d'une opération ne marque pas également 36°, comme l'exige le commerce ; il est toujours à un degré supérieur. On le ramène au point voulu par des additions d'eau.

Théoriquement l'azotate de soude du commerce devrait fournir 134 pour 100 d'acide à 36°, mais, en pratique, on ne réalise que 130 au maximum. — Le résidu de la chaudière consiste en sulfate acide de soude, qu'on utilise à la fabrication de la soude artificielle.

ACIDE CHLORHYDRIQUE.

Dans l'industrie, c'est toujours en dissolution dans l'eau qu'on tire parti des propriétés de cet acide, et ce sont les fabriques de soude artificielle qui le fournissent en si grandes quantités que son prix commercial ne dépasse pas 5 à 6 centimes le kilogramme.

On se sert en grand des mêmes matières premières que dans les laboratoires, à savoir le sel marin et l'acide sulfurique, mais on les emploie dans d'autres proportions, et les appareils sont tout différents.

Méthode des cylindres. — Tantôt on opère dans des cylindres de fonte A disposés par paires dans un fourneau en briques (*fig.* 32). Chacun d'eux reçoit 160 kilogrammes de sel et 130 ki-

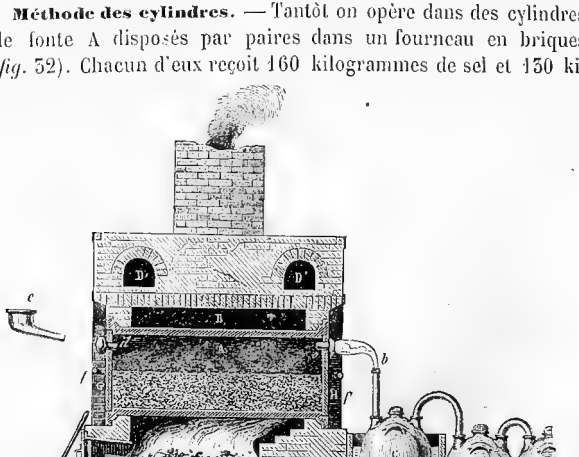


Fig. 32. — Méthode des cylindres pour la préparation de l'acide chlorhydrique.

logrammes d'acide sulfurique à 66°. Ce dernier est introduit au moyen d'un petit entonnoir en grès *e* qu'on insère dans le trou *d*

percé dans l'obturateur en fonte *f*, trou qu'on bouche ensuite.

Les vapeurs d'acide chlorhydrique sortent par le trou *o* de l'obturateur postérieur *f'*, auquel on a adapté une allonge en grès, lutée avec soin et communiquant, par le moyen du tube en grès *b*, avec une grande série de bombonnes C à moitié remplies d'eau. Ces bombonnes sont reliées entre elles par des tubes courbes en grès ; elles ont toutes, dans le bas, un robinet en plomb pour le soutirage de l'acide. On les multiplie le plus que l'on peut pour mieux condenser les vapeurs ; la première de chaque série plonge dans un bac E rempli d'eau, et la dernière déverse les gaz non absorbés dans la grande cheminée de l'usine.

Méthode des fours ou bastringues. — Dans les grandes fabriques, on opère la décomposition du sel dans des fours rectangulaires en briques réfractaires, désignés sous le nom de *bastringues*. Cette méthode offre le double avantage de la continuité et de l'économie ; elle permet en outre de faire usage de l'acide sulfurique tel qu'il sort des chambres, c'est-à-dire à 50 ou 52°.

Vous avez sous les yeux (*fig.* 53) une coupe d'un de ces fours

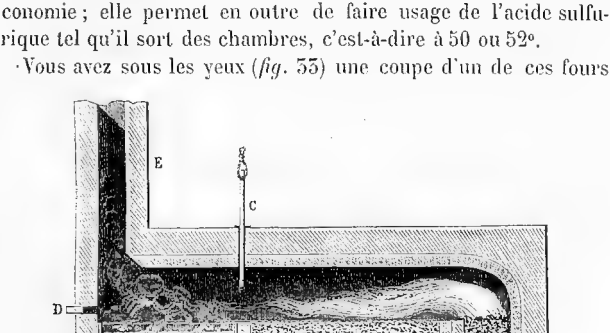


Fig. 53. — Méthode des fours pour la préparation de l'acide chlorhydrique.

employés chez M. Kuhlmann, de Lille. L'intérieur est divisé en deux compartiments par une cloison de maçonnerie. En B est une cuvette en plomb dans laquelle on introduit successivement,

par l'ouverture D, le sel et l'acide sulfurique et que l'on ferme ensuite. Un registre, C, est baissé de manière à clore la cuvette. Celle-ci est échauffée par les produits de la combustion qui, sortant du compartiment A, s'échappent par des carneaux et viennent passer en H H sous la sole. Par suite de la réaction, la matière entre en fusion, l'acide chlorhydrique se dégage et se rend par un tuyau, qu'on ne voit pas dans la figure, dans l'appareil condenseur où il est absorbé. Quand la matière est devenue pâteuse et n'émet plus que très-peu de gaz acide, on lève le registre C, et, au moyen de pelles creuses, on le porte dans le four à calciner, A, placé près du foyer. Comme dans cette partie la température est très-élevée, la décomposition du sel marin s'achève, et le restant d'acide chlorhydrique se dégage.

Pendant que cette dernière phase de l'opération s'accomplit, on a baissé le registre C, et on a chargé la cuvette B d'une nouvelle quantité de sel et d'acide sulfurique ; de sorte que le travail dans les deux compartiments est simultané et continu.

Lorsque le sulfate de soude, sans cesse agité pendant sa calcination au rouge avec un long râble, n'émet plus de vapeurs sensibles, on le fait tomber avec un racloir dans une cuve placée au-dessous du compartiment A, où il se refroidit.

Avec la méthode des cylindres, on obtient de 125 à 130 parties d'acide chlorhydrique à 22 ou 23° Baumé pour 100 parties de sel marin. La méthode des bastringues ne donne que 105 à 110 d'acide, parce qu'une certaine quantité de celui-ci est entraînée avec les produits de la combustion; mais cette légère perte est largement compensée par une économie de main-d'œuvre.

Quel que soit le système de production employé, l'acide recueilli et mis tel quel dans le commerce est plus ou moins coloré en jaune par du perchlorure de fer; il renferme, en outre, du chlore, de l'acide sulfurique et fort souvent de l'acide sulfureux. Cela n'empêche pas, toutefois, de s'en servir pour les divers besoins de l'industrie.

ACIDE CARBONIQUE.

Trois grandes industries ont besoin d'acide carbonique et le produisent en grandes quantités : la fabrication des eaux ga-

zeuses, celle de la céruse, et la sucrerie indigène. En ce moment, je n'ai à vous parler que de la première.

Fabrication des eaux gazeuses. — L'eau chargée d'acide carbonique, qu'on livre journellement pour la table sous le nom impropre d'*eau de Seltz*, et qu'on doit appeler tout simplement *eau gazeuse*, exerce une action légèrement stimulante qui favorise la digestion. C'est une boisson très-salubre, dont l'usage se répand de plus en plus et pénètre même dans les classes laborieuses.

L'idée d'accumuler dans l'eau, par la compression, une bien plus grande quantité de gaz acide carbonique qu'elle n'en peut dissoudre dans les conditions normales, de manière à imiter les eaux gazeuses acidules naturelles, remonte au dernier siècle, mais ce n'est que depuis une trentaine d'années qu'elle a été exploitée industriellement. Aujourd'hui la fabrication des eaux et limonades gazeuses s'opère dans de vastes établissements au moyen d'appareils très-ingénieux, et avec si peu de dépenses que la bouteille d'*eau de Seltz* ne revient pas à plus de 8 centimes au producteur.

Le gaz carbonique est généralement obtenu en faisant réagir l'acide sulfurique sur de la craie dans un vase approprié, où l'on renouvelle les surfaces au moyen d'un agitateur. On le soumet à un lavage pour le débarrasser de l'acide qu'il a pu entraîner avec lui, et on le fait arriver dans l'eau qui doit le dissoudre.

Pour obtenir ce résultat, deux systèmes distincts sont mis en usage. Dans le premier, à marche intermittente, le gaz se produit dans l'appareil même où doit se faire la saturation, et il se dissout dans l'eau par la compression qu'il exerce sur lui-même.

Dans le second, le gaz produit va se rendre dans un gazomètre d'où il est enlevé au moyen d'une pompe aspirante et foulante et refoulé fortement dans un tonneau métallique, à parois très-résistantes, rempli d'eau, sous une pression de 5 à 6 atmosphères. Tantôt, le condenseur a une assez grande capacité, et quand tout le gaz y a été introduit, on soutire l'eau gazeuse pour recommencer une nouvelle opération. C'est ce qu'on appelle le *système de Genève*. Tantôt, le condenseur, de petites dimensions, reçoit en même temps l'eau et le gaz puisés par la pompe dans des réservoirs séparés, et dès qu'une certaine quantité d'eau gazeuse y a été pré-

parée, elle en sort pour être remplacée par une nouvelle dose de gaz et d'eau, et ainsi de suite. C'est là ce qu'on nomme le *système de Bramah* ou le *procédé continu*, qui est surtout adopté par les grands établissements, parce que chaque appareil permet de remplir 3000 bouteilles par jour.

Ne pouvant mettre sous vos yeux tous les appareils en usage, je choisis le plus simple et le plus commode, à marche intermittente, dont l'invention est due à MM. Vernant et Barruel, mais qui a été perfectionné par M. Savaresse. Vous allez facilement en comprendre le jeu (*fig* 34).

Le gaz carbonique est produit dans le vase AA′; en A, on met l'eau et l'acide sulfurique ; en A′ la craie sous la forme d'une longue

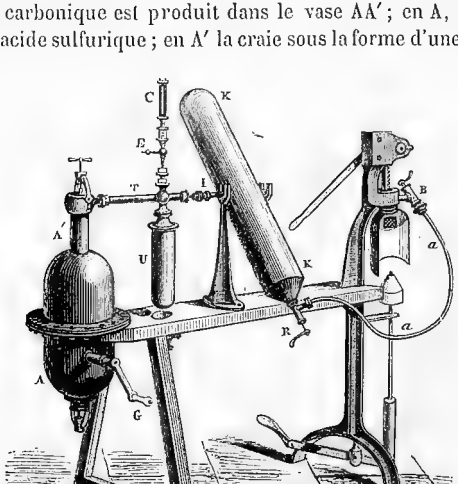


Fig. 34. — Appareil Savaresse pour la fabrication des eaux gazeuses.

cartouche soutenue par une tige transversale. Lorsqu'on fait tourner l'agitateur G, l'extrémité de la cartouche est brisée, et une partie de la craie tombe dans l'acide. Le gaz mis en liberté entre

par le tube T dans le laveur U qui contient de la braise de boulanger bien lavée et une dissolution de bicarbonate de soude. De là, le gaz arrive par le tube I dans le condenseur KK rempli d'eau, et il s'accumule dans la partie supérieure ; on ouvre le robinet R pour laisser couler un peu de liquide et opérer un vide suffisant.

Le gaz, dont la quantité s'accroît sans cesse, se comprime lui-même, ce qui facilite sa dissolution dans l'eau, qu'on favorise encore en imprimant de temps en temps un mouvement de bascule au condenseur K qui est mobile sur son petit axe. Lorsque après plusieurs oscillations le manomètre C ne baisse plus et marque 6 atmosphères, on met en bouteilles au moyen du tuyau en étain *aa*, qui amène l'eau saturée dans le robinet d'embouteillage B.

On peut remplir, avec cet appareil, 1000 bouteilles par jour.

Les bouteilles qu'on emploie aujourd'hui, dites *siphoïdes*, imaginées par M. Savaresse, permettent de tirer l'eau par portions, sans laisser perdre de gaz (*fig.* 33). Dans les tubulures de ces vases en grès verni ou en verre, il y a un ajutage A en étain fin, qui offre dans le haut un rétrécissement sur lequel pose un petit cylindre C en alliage, terminé par un disque de liège très-fin, attaché avec de la cire à cacheter ; quand ce liège est appuyé exactement sur le rétrécissement, il intercepte toute communication entre l'intérieur et l'extérieur des vases. Le cylindre C et son liège sont pressés par un ressort à hélice sur l'ouverture du rétrécissement, ce qui le ferme complètement.

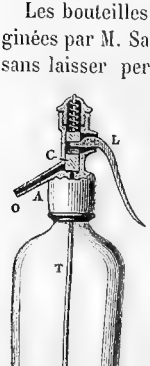


Fig. 33. — Bouteille siphoïde pour l'eau gazeuse.

Veut-on donner écoulement au liquide ? on presse sur le levier L, qui soulève le cylindre et le disque en surmontant la résistance du ressort. Un tube T soudé à l'ajutage et continuant le rétrécissement plonge presque jusqu'au fond du vase. En faisant mouvoir le levier, on ouvre ou l'on ferme à volonté la communication entre l'intérieur et l'ajutage; l'eau gazeuse, poussée par la pression du gaz qui est dans la partie supérieure, s'élance par le tube T et sort par le conduit latéral O.

Les eaux gazeuses les plus chargées du commerce ne contiennent pas dans les bouteilles plus de 4 volumes d'acide carbonique ; il n'en reste guère que 2 volumes dans le verre qui les reçoit.

On peut préparer chez soi, à bon compte, d'excellente eau gazeuse, en faisant usage d'un de ces petits appareils, dits *gazogènes*, qu'on vend, à Paris, aux prix de 10 à 15 francs, suivant la capacité ou l'élégance. Je citerai, entre autres, *l'appareil Briet*, dont voici la figure (*fig.* 36).

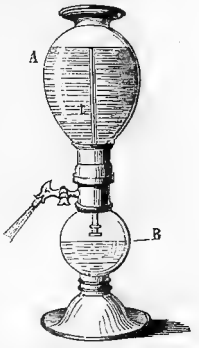


Fig. 56. — Appareil Briet pour la préparation de l'eau gazeuse.

Il se compose de deux capacités distinctes A, B, qui s'adaptent à vis l'une sur l'autre, et qui communiquent entre elles par le tube *t*, entrant à frottement dans la tubulure de B.

Lorsqu'on veut faire fonctionner l'appareil, on sépare A et B, on enlève le tube de communication *t;* on pose la carafe A sur sa partie plate, et on la remplit d'eau simple, ou d'eau sucrée et aromatisée, si l'on veut avoir une *limonade;* on introduit dans le pied B 18 grammes d'acide tartrique en poudre et 22 grammes de bicarbonate de soude pulvérisé; on le ferme avec le tube *t*, et on le retourne pour le visser sur la carafe A. En remettant l'appareil dans sa position normale, une petite quantité d'eau de la carafe descend, par le tube creux *t*, dans la capacité inférieure B, où elle dissout l'acide et le sel et donne ainsi lieu à un dégagement d'acide carbonique qui s'élève dans la carafe A, s'accumule à la surface de l'eau, se comprime lui-même et entre ainsi en dissolution. On favorise celle-ci en imprimant de légères secousses à l'appareil.

On donne issue à l'eau gazeuse en ouvrant le robinet adapté à l'ajutage en étain de la partie B.

On entoure habituellement les deux capacités A et B d'un tissu en jonc à claire-voie, pour s'opposer, en cas de rupture, à la projection du verre et à la dispersion des fragments.

ACIDE BORIQUE.

Cet acide, qui a été isolé et décrit pour la première fois en 1702, par le chimiste hollandais Homberg, et qui porta pendant longtemps les noms impropres de *sel de Homberg*, *sel sédatif* ou *narcotique*, en raison des vertus imaginaires qu'on lui attribuait, se montre à l'état de liberté dans deux circonstances extrêmement remarquables.

État naturel.—Sous forme de masses lamellaires de 2 à 3 centimètres d'épaisseur, accompagnées de soufre, on le trouve parmi les produits volcaniques des îles de Lipari, et dans l'intérieur du cratère du volcan appelé *Vulcano*.

Mais il est plus abondant, ou au moins il se renouvelle sans cesse, dans les eaux de plusieurs petites mares bourbeuses, nommées *lagoni*, situées au milieu des maremmes de la Toscane, entre Livourne et Florence, dans une vallée qui entoure les monts de Castel-Nuovo, non loin de Pomerance.

Dans ces lagoni, répandus sur une superficie de plusieurs kilomètres, des vapeurs aqueuses sortent des crevasses du sol et soulèvent à chaque instant l'eau boueuse qui les recouvrent, avec un bruit plus ou moins fort. Ces vapeurs, nommées *soffioni* (soufflards) dans la localité, sont accompagnées de gaz azote, d'acide carbonique, d'hydrogène carboné, d'hydrogène, d'acide sulfhydrique, et chargées, en outre, d'acide borique, de bitume et de quelques sels. Elles se condensent en grande partie au milieu de la vase et y déposent toutes les matières qu'elles entraînent avec elles du sein de la terre. Ces vapeurs, à la température de 100°, répandent dans l'air des nuages blanchâtres au-dessus des fissures d'où elles s'échappent. Leur origine paraît être dans le terrain de transition.

Autrefois la contrée était regardée par les paysans comme l'entrée de l'enfer, et sans nul doute cette superstition remontait à une très-haute antiquité, car la montagne qui avoisine les principaux lagoni porte encore le nom de *monte Cerboli*, mont de Cerbère. Les paysans ne passaient jamais dans cet endroit sans terreur, disant leur chapelet, et invoquant la protection de la Vierge.

C'est en 1776 que Hœfer et Mascagni découvrirent la présence

de l'acide borique dans les lagoni, mais ce n'est que depuis 1818 qu'on l'en extrait régulièrement. C'est à un Français, M. Larderel, aujourd'hui comte de Monte-Cerboli, qu'on doit le succès de cette curieuse exploitation qui a enrichi la contrée, et qui livre annuellement au commerce plus d'un million de kilogrammes d'acide brut. Voici comment elle s'exécute:

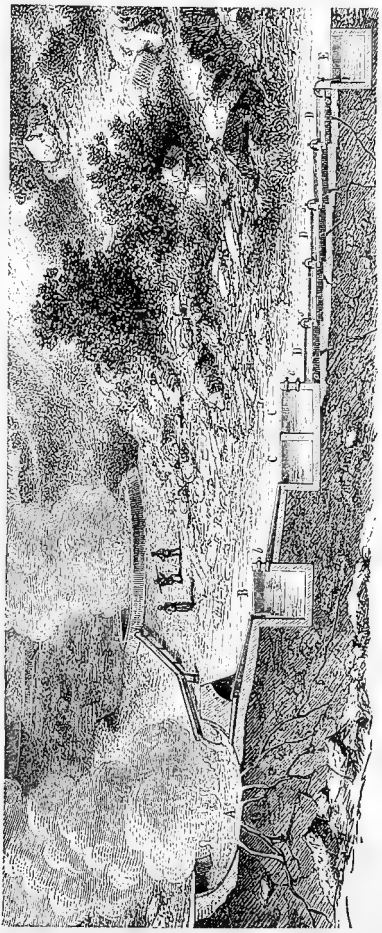


Fig. 37 — Extraction de l'acide borique des Lagoni de Toscane.

On forme, au moyen de maçonnerie grossière, des bassins glaisés ou de petits lacs artificiels (*fig.* 37) AA', de 10 à 20 mètres de diamètre, en y faisant arriver les sources environnantes, et au centre desquels viennent aboutir deux ou plusieurs des forts *soffioni*. Ces courants de vapeurs souterraines maintiennent constamment l'eau à la température de l'ébullition, et ils y arrivent avec une force telle

qu'ils lancent souvent le liquide boueux des bassins à une très-grande hauteur.

Lorsque l'eau du *lagone* le plus élevé a été imprégnée de vapeurs pendant 24 heures, on la fait descendre par un canal en bois, dans un second, puis dans un troisième, au bout du même temps, et ainsi de suite successivement jusqu'à ce qu'elle arrive dans un récipient B situé à la partie inférieure du système. Après un repos de 24 heures, on la décante dans deux réservoirs CC, d'où elle tombe lentement dans une série d'évaporatoirs en plomb DDD, larges, peu profonds, disposés en gradins, déversant leurs produits les uns dans les autres au moyen de siphons *sss*, et chauffés par des *soffioni* qui sortent au-dessous d'eux. La concentration augmente de plus en plus à mesure que l'eau descend, jusqu'à ce qu'elle arrive dans la chaudière E qui l'amène à 10 ou 11° de l'aréomètre.

C'est de là qu'on la fait passer dans les cristallisoirs AA (*fig.* 58), en bois doublés de plomb. Au bout de quatre jours, l'acide borique

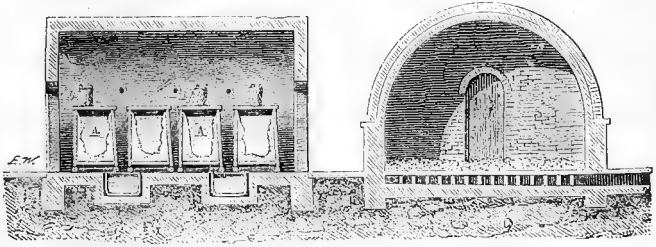


Fig. 58. — Cristallisoirs et séchoir pour l'acide borique.

s'est déposé en petites écailles d'un blanc grisâtre. On le fait égoutter dans des paniers en osier, puis on le sèche dans des étuves chauffées par quelques *soffioni*.

Cet acide brut, tel qu'on l'expédie à Livourne, renferme de 5 à 25 pour 100 et plus de matières étrangères (alun, sulfate double d'ammoniaque et de magnésie, sulfate de chaux, résidu insoluble, matière organique, eau). On le purifie aisément à l'aide de plusieurs dissolutions et cristallisations successives. La plus grande partie, toutefois, est convertie en borax, tant à Livourne qu'en France, au moyen de sa saturation par le sel de soude.

CHAPITRE III

COMPOSÉS MÉTALLIQUES ET SALINS

I. COMPOSÉS DU POTASSIUM

Potasses du commerce. — Au premier rang de ces composés, je placerai les diverses espèces de carbonate impur qui constitue, vous le savez, les *potasses commerciales*. Celles-ci proviennent de trois sources distinctes :

1° L'incinération des grands végétaux ligneux et des plantes herbacées sauvages ;

2° La calcination des lies de vin ;

3° La combustion des résidus de la distillation des mélasses fermentées de betteraves.

Voyons brièvement comment on opère dans ces différents cas :

1° **Incinération des plantes.** — C'est le mode le plus ancien et le plus général.

Dans les pays encore peu habités, abondants en forêts, ou couverts de steppes immenses riches en plantes sauvages, tels que l'Amérique du Nord, la Suède, certaines parties de l'Allemagne, la Toscane, la Russie, la Pologne, on creuse en terre de grandes fosses où l'on entasse les plantes et les arbres débités que l'on veut brûler. On a soin de n'en pas mettre de trop grandes masses à la fois et de les débarrasser préalablement de toutes les terres adhérentes. On met le feu au tas, et on alimente le foyer au fur et à mesure du besoin, en veillant à ce que l'incinération soit complète dans toutes les parties.

L'opération terminée, on passe les cendres à travers un crible afin d'en séparer les matières seulement carbonisées, et on les soumet à trois lavages successifs dans des tonneaux disposés par bandes. La première lessive est assez riche; elle est mise à évaporer. La seconde, plus faible, est enrichie de matières salines par son passage sur des cendres neuves. La troisième, encore moins chargée, passe sur des cendres déjà lavées une première fois, et achève d'acquérir la densité voulue, 15° ordinairement, en filtrant sur des cendres neuves.

Les lessives, suffisamment concentrées, sont mises à évaporer dans des chaudières plates en tôle, jusqu'à ce qu'elles soient arrivées à la consistance de miel ; à ce point, on les transvase dans une chaudière en fonte où on les chauffe, en agitant constamment, jusqu'à dessiccation complète.

C'est alors ce qu'on appelle le *salin*, qui est coloré en brun par des matières organiques et qui retient encore une forte proportion d'eau. 100 kilogrammes de bonnes cendres donnent, terme moyen, 10 kilogrammes de salin.

Ce *salin* est converti en *potasse* proprement dite par une calci-

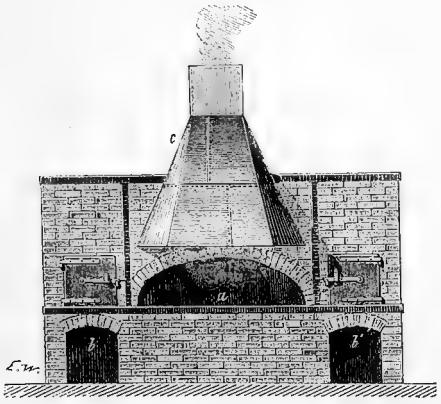


Fig. 39. — Four à potasse.

nation au rouge sombre dans un four à réverbère (*fig.* 39) à deux foyers latéraux *bb'* et avec cheminée d'appel *c* placée au-dessus et en avant de l'ouverture. On chauffe avec du menu bois; les

flammes arrivent sous la voûte pour sortir en avant et monter dans la cheminée.

Le salin est étendu en couche égale sur la sole *a*. On facilite l'accès de l'air par une agitation fréquente avec un ringard, et on dirige le feu de manière à éviter la fusion. Lorsque toute l'eau s'est dégagée, la matière organique brûle à la surface des morceaux qui blanchissent bientôt. Il faut environ six heures d'une calcination conduite lentement pour rendre la masse bien blanche, sèche et granulée. On la défourne au moyen de râteaux en fer, et on l'enferme encore chaude dans des barriques pour la préserver de l'humidité atmosphérique.

2° **Calcination des lies.**—*Cendres gravelées.*— Dans le midi de la France, on obtient une variété de potasse, portant les noms spéciaux de *védasse*, de *cendres gravelées*, en convertissant en carbonate de potasse par la chaleur le bitartrate de potasse qui se trouve dans les lies de vin.

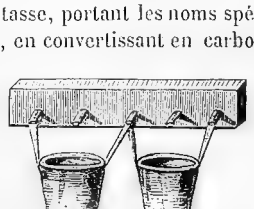


Fig. 40. — Chausses en laine pour l'égouttage des lies.

Ces lies, mises à égoutter dans des chausses de laine (*fig.* 40), sont ensuite soumises à une pression graduée et converties en tourteaux aplatis qu'on laisse sécher à l'air, et qu'on incinère sur un sol bien battu entouré de briques posées à sec. On obtient, de la sorte, des masses légères, boursouflées, poreuses, d'un blanc grisâtre, qu'on livre au commerce. 6000 kilogrammes de lies sèches donnent moyennement 500 kilogrammes de *cendres gravelées*.

3° **Potasse de mélasses de betteraves.** — Dans nos départements du Nord où la fabrication du sucre de betteraves est si largement développée, M. Dubrunfaut a introduit, il y a environ 25 ans, une industrie nouvelle qui a donné de la valeur aux mélasses épuisées de sucre cristallisable, en les convertissant en deux produits importants : *alcool* et *potasse*.

Nous verrons plus tard comment on s'y prend pour faire fer-

menter les mélasses et en obtenir par suite de l'alcool. En ce moment, je n'ai à vous apprendre que le mode suivi pour utiliser les résidus de la distillation, dans lesquels se retrouvent tous les composés salins que la betterave avait puisés dans le sol pendant le cours de sa végétation. Ces résidus, qu'on appelle *vinasses* dans les ateliers, fournissent de 10 à 12 pour 100 d'un salin très-riche en alcali. Voici comment on les traite.

On les évapore jusqu'à consistance de sirop, soit dans des chaudières en tôle à fond bombé (*fig.* 41), soit dans des cuves en bois munies de serpentins en cuivre qui reçoivent de la vapeur surchauffée. Le sirop est ensuite élevé dans un bac placé au-dessus d'un four à réverbère (*fig.* 42) disposé intérieurement comme les *bastringues* qui servent à la fabrication du sulfate de soude. Le liquide s'écoule du bac par un conduit vertical

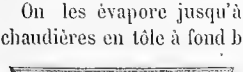


Fig. 41. — Chaudière à évaporer les vinasses de betteraves.

Fig. 42. — Four pour la calcination des vinasses de betteraves.

traversant la voûte et vient tomber dans le premier compartiment où il se concentre et devient pâteux; de là, au moyen d'un ringard, l'ouvrier fait passer la matière dans le compartiment le plus rapproché du foyer où s'achève la dessiccation et où commence la destruction des matières organiques.

Lorsque la flamme et l'odeur infecte qui accompagnent cette destruction cessent d'apparaître, on retire la masse du four, on la dispose en petits monts dans une pièce bien aérée et on l'abandonne à elle-même. La combustion des parties organiques s'achève, et il reste des morceaux plus ou moins poreux et légers,

d'un gris cendré ou noirâtre ; c'est là le *salin brut de betteraves* du commerce.

On l'emploie tel quel dans les savonneries du Nord ; mais généralement on le convertit en *potasse blanche* en le soumettant à des lavages méthodiques à courte eau et évaporant à siccité dans des chaudières en tôle les liquides aussi concentrés que possible qui en proviennent et qui ont laissé déposer la plus grande partie des sels étrangers au carbonate de potasse.

Dans d'autres usines, à Valenciennes, Lille, Corbehem, Saint-Amand, etc., on lui fait subir un raffinage complet, analogue à celui qui est suivi pour les sels de varechs, de manière à isoler successivement des lessives du sulfate de potasse, du chlorure de potassium, du carbonate de soude, et à obtenir en dernier lieu du carbonate de potasse presque pur, qu'on chauffe au rouge sombre pour le dessécher et le granuler. Le produit est livré au commerce sous le nom de *potasse raffinée de betteraves*.

Composition des potasses du commerce. — Les diverses potasses du commerce sont loin d'avoir la même composition, en ce sens que les proportions relatives de carbonate de potasse et des sels étrangers qui l'accompagnent toujours sont fort différentes d'une espèce à une autre.

Le tableau suivant que j'emprunte à M. Pésier, de Valenciennes, va vous apprendre la composition moyenne des potasses les plus habituellement employées en France :

PRINCIPES constituants sur 100 parties en poids.	POTASSE de Toscane.	POTASSE de Russie.	POTASSE d'Amérique		POTASSE des Vosges.	POTASSE de mélasses de betteraves		
			Rouge.	Perlasse.		Salin brut	Pot. ordinaire épurée.	Potasse raffinée.
Carbonate de potasse. . .	74,10	69,61	68,04	71,58	56,65	55,00	55,00	95,24
— de soude . . .	3,01	5,09	5,83	2,51	4,17	16,00	25,17	2,12
Sulfate de potasse. . . .	13,47	14,11	15,52	14,58	58,84	5,00	2,98	0,70
Chlorure de potassium...	0,95	2,09	8,15	5,64	9,16	17,00	19,69	1,70
Eau et substances insolubles.	8,47	11,10	2,64	8,29	9,20	27,00	0,26	0,24
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	99,10	100,00

Alcalimétrie. — Comme la valeur commerciale des potasses

est établie, avec juste raison, sur la proportion réelle de carbonate de potasse pur qu'elles contiennent, il est bien important de pouvoir déterminer cette richesse exactement et avec promptitude, sans être obligé de recourir à une analyse complète, qui serait, d'ailleurs, assez difficile et fort longue.

Le procédé universellement suivi pour arriver à ce résultat porte le nom d'*alcalimétrie*, et repose sur le principe, formulé en 1801 par l'illustre Vauquelin : que les diverses quantités d'alcali pur ou carbonaté que renferment les potasses commerciales sont proportionnelles aux quantités d'acide qu'elles exigent pour leur neutralisation. En 1804, Descroizilles a rendu pratique cette idée rationnelle, en inventant une méthode volumétrique pour cette constatation, et l'instrument spécial, l'*alcalimètre*, qui sert à l'effectuer.

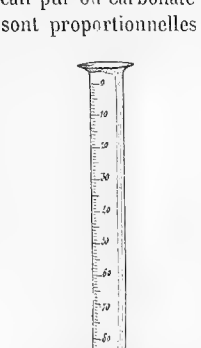


Fig. 45. — Alcalimètre de Descroizilles.

L'*alcalimètre* (*fig.* 45) est un tube de verre de 25 centimètres de hauteur sur 2 de diamètre intérieur, porté sur un pied, de manière à pouvoir se tenir verticalement; son bord supérieur est renversé et enduit d'une légère couche de cire, afin d'éviter l'adhérence des liquides. Ce tube est gradué, à partir du haut, en 100 parties ou degrés dont chacun contient un demi-gramme d'eau distillée, et représente par conséquent une capacité d'un demi-millilitre ou demi-centimètre cube. On emplit ce tube jusqu'au 0 d'une liqueur acide qui porte le nom de *liqueur alcalimétrique* ou *liqueur d'épreuve*.

Celle-ci est préparée avec 100 grammes d'acide sulfurique pur, marquant 66°, et assez d'eau distillée pour former un litre de mélange, à la température ordinaire. Celui-ci marque 9° à l'aréomètre. On le conserve dans un flacon bouché à l'émeri.

Pour *titrer* une potasse, on opère ainsi qu'il suit. Je prendrai comme exemple le *salin brut de betteraves*, comme nécessitant plus de soins dans les manipulations.

On prélève d'abord sur la masse totale un échantillon commun

qu'on réduit en poudre aussi fine que possible sans laisser de résidu. On en pèse 10 grammes qu'on met dans un mortier de porcelaine ou de cristal, on verse dessus 40 à 50 centilitres d'eau distillée et on broie la matière avec le pilon. On laisse en contact, pendant cinq heures, pour une potasse peu cuite, poreuse et se lessivant facilement; pendant douze heures, pour une potasse très-cuite; on ajoute alors 20 à 25 centilitres d'eau, on broie de nouveau pour mettre tout en suspension, et, après une demi-heure, on décante la partie claire sur un très-petit filtre en papier (*fig.* 44). — On remet 20 à 25 centilitres d'eau sur le résidu, on broie, on décante au bout de demi-heure, et on continue de la sorte jusqu'à ce qu'il y ait 120 à 130 centilitres de liquide filtré. A ce moment, on ajoute un peu d'eau au résidu et on décante sur le filtre en y faisant passer peu à peu la poudre insoluble; on lave le mortier et le pilon avec de nouvelle eau jusqu'à ce que tout soit réuni sur le filtre et qu'on ait obtenu 200 centilitres de dissolution claire.

Fig. 44. — Épuisement par l'eau d'une potasse commerciale.

On mêle avec soin toutes les couches de liquide réuni dans la carafe qui supportait l'entonnoir, en retournant plusieurs fois le vase dont on soulève le fond d'une main tandis qu'on applique fortement la paume de la main gauche sur l'ouverture (*fig.* 45) et on prélève sur la masse, au moyen d'une pipette M jaugée (*fig.* 46) 100 centilitres de la dissolution, qui contiennent

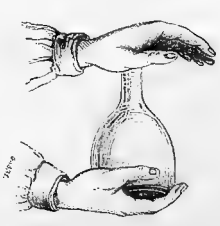


Fig. 45. — Manière de mélanger exactement les diverses couches d'un liquide.

exactement la moitié des 10 grammes de potasse, c'est-à-dire 5 grammes. C'est sur cette portion de liquide qu'on opère la saturation au moyen de la *liqueur d'épreuve*.

Pour cela, on introduit cette portion de liquide alcalin dans un petit ballon; on le chauffe jusqu'à l'ébullition (*fig.* 47), après l'avoir coloré légèrement en bleu au moyen de teinture de

Fig. 46.
Pipette jaugée.

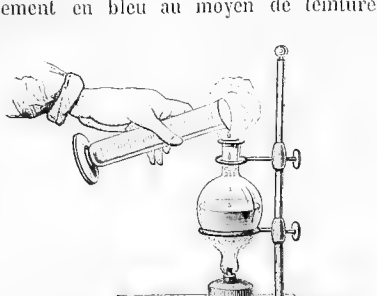


Fig. 47. — Saturation du liquide alcalin par la liqueur d'épreuve.

tournesol, et on y laisse tomber goutte à goutte l'acide normal de l'alcalimètre. L'acide carbonique se dégage avec effervescence, entraîné par la vapeur d'eau, et à mesure que l'effervescence diminue, on ajoute la liqueur d'épreuve avec plus de précaution. On reconnaît aisément que la saturation est terminée lorsque la couleur du liquide du ballon passe instantanément du bleu au *rouge pelure d'oignon*.

On replace alors l'alcalimètre dans sa position verticale, et l'on observe sur l'échelle graduée le niveau de la liqueur d'épreuve qui reste dans le tube; la division à laquelle il correspond indique le *degré alcalimétrique* de la potasse soumise à l'essai.

Comme chaque degré de l'alcalimètre, qui contient un demi-centimètre cube de liqueur d'épreuve, contient, par cela même, un demi-décigramme ou 1/10e de son poids d'acide sulfurique à 66°, et comme la saturation est effectuée sur 100 centilitres de solution renfermant 5 grammes ou 100 demi-centigrammes de

potasse, il en résulte que chaque degré de l'alcalimètre contient en acide sulfurique 1 centième du poids de la potasse.

Lors donc qu'on trouve qu'une potasse exige, pour sa neutralisation, 60 divisions ou degrés de liqueur alcalimétrique, cela indique qu'elle sature 60/100 d'acide sulfurique à 66°. On dit alors qu'elle marque 60 degrés alcalimétriques.

Si maintenant on veut savoir ce que ces 60° alcalimétriques représentent d'alcali caustique ou carbonaté dans les 5 grammes de la potasse essayée, il suffit de multiplier ces degrés par $0^{gr},048$ ou par $0^{gr},0707$, puisque chaque degré de l'alcalimètre correspond à $0^{gr},048$ de potasse pure ou à $0^{gr},0707$ de carbonate de potasse.

Soit donc une potasse titrant 60° alcalimétriques :

$60° \times 0^{gr}\ 048 = 2^{gr}880$ de potasse pure ou pour 100	57.60
$60° \times 0^{gr}0707 = 4^{gr}242$ de carbonate de potasse	84 84

Gay-Lussac a proposé, en 1828, de substituer au poids de 5 grammes pris arbitrairement par Descroizilles pour la potasse à titrer, celui de $4^{gr},8$ qui représente la proportion d'alcali pur que saturent exactement les 5 grammes d'acide sulfurique à 66° de la liqueur d'épreuve; de telle sorte qu'alors le titre de la potasse fait connaître immédiatement la proportion d'alcali pur qu'elle contient.

D'après cela, une potasse quelconque, essayée sous le poids de $4^{gr},8$, renfermera, au quintal métrique, autant de kilogrammes de potasse pure qu'elle saturera de centièmes d'acide normal, et ce nombre de kilogrammes exprimera son *titre pondéral*.

Au lieu de la burette de Descroizilles, Gay-Lussac a adopté une burette de même graduation, mais d'une forme un peu différente (*fig.* 48), en tout semblable à celle qui sert pour la chlorométrie. On opère, du reste, comme ci-dessus.

Fig. 48.— Alcalimètre de Gay-Lussac.

Je terminerai cette question en mettant sous vos yeux les titres *alcalimétrique* et *pondéral* des diverses espèces de potasse du commerce, avec les quantités d'alcali pur et carbonaté correspondantes à ces titres :

	TITRE alcalimétrique d'après Descroizilles	TITRE pondéral d'après Gay-Lussac.	POTASSE PURE sur 100 parties.	CARBONATE de potasse sur 100 parties.
Potasse rouge d'Amérique	50° à 65°	48° à 60°,5	57.15 à 72.00	70.40 à 88.9
— perlasse, id.	35° à 60°	35°,6 à 57°,6	39.88 à 68.45	49.15 à 84.0
— de Russie	54° à 58°	54°,84 à 55°,68	61.5 à 66.	75.5 à 81.4
— de Toscane	50° à 65°	48° à 60°,5	57.15 à 72 0	70.4 à 88.7
— des Vosges	40° à 45°	38°,4 à 45°,2	45.0 à 51.	56.47 à 65.1
Cendres gravelées	30° à 50°	28°,8 à 48°	33.0 à 57.15	41.8 à 70.4
Salin brut de betteraves	34° à 50°	32°,64 à 48°	38.7 à 57.15	47.67 à 70.4
Potasse de betteraves épurée ordinaire	56° à 60°	55°,76 à 57°,6	65.69 à 68.45	78.47 à 84.0
Potasse de betteraves raffinée	69° à 70°	66°,24 à 67°,2	78.6 à 80.5	97.5 à 98.5

En général, les potasses d'Amérique sont caustiques, les autres sont carbonatées.

Azotate de potasse. — Je vous ai appris, dans la deuxième année du Cours, comment on fabrique aujourd'hui l'azotate de potasse, par la décomposition mutuelle de l'azotate de soude et du chlorure de potassium, effectuée par la voie humide à la température de l'ébullition.

Ce procédé expéditif en a remplacé un qui était fort compliqué. Il consistait à lessiver les plâtras de démolitions provenant des parties basses des vieilles maisons, pour en extraire les azotates de chaux et de magnésie qui s'y trouvent en efflorescences, à décomposer ces sels terreux au moyen de potasse brute du commerce, ce qui donnait naissance à de l'azotate de potasse soluble et à un dépôt boueux de carbonates de chaux et de magnésie, à isoler autant que possible les sels étrangers, principalement les chlorures, enfin à concentrer les liqueurs jusqu'à 45° et à les mettre à cristalliser. On obtenait alors ce qu'on nommait le *salpêtre brut* ou *de première cuite*, qui était livré aux ateliers du gouvernement.

C'est encore dans ces ateliers qu'on continue à *raffiner* les salpêtres bruts, quelle que soit leur provenance. Les sels étrangers qu'ils renferment, souvent dans la proportion de 25 pour 100,

consistent principalement en chlorures de sodium et de potassium. L'opération du *raffinage* repose sur la propriété que possède l'azotate de potasse d'être bien plus soluble dans l'eau chaude que les chlorures précédents. Voici comment on l'exécute.

On introduit dans une chaudière en cuivre A (*fig.* 49) 600 litres d'eau et 1200 kilogrammes de salpêtre brut, et l'on chauffe dou-

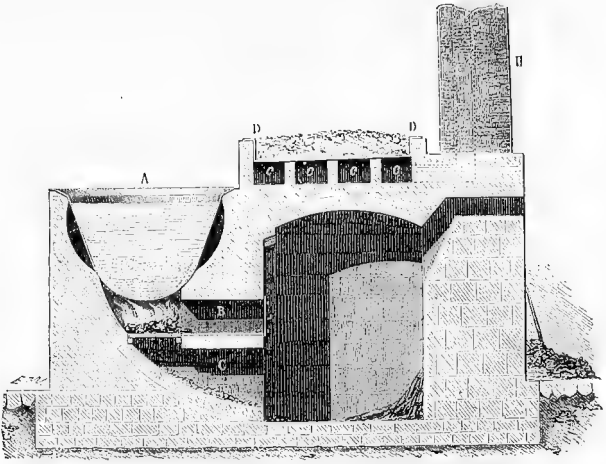


Fig. 49. — Raffinage du salpêtre dans les ateliers du gouvernement.

cement pendant douze heures, afin que les sels mélangés ne se dissolvent que dans l'ordre de leur plus grande solubilité. On augmente alors le feu, et on ajoute de nouvelles quantités de salpêtre, jusqu'à la concurrence de 3000 kilogrammes, en remuant continuellement. On enlève les écumes qui montent à la surface du liquide et, après quelques instants d'ébullition, on retire avec de larges écumoires les chlorures qui se sont accumulés au fond de la chaudière. De temps à autre, on verse de petites quantités d'eau froide pour faciliter la précipitation des chlorures qui seraient encore en dissolution.

Quand il ne s'en dépose plus, on clarifie la liqueur avec 1 kilogramme de colle de Flandre, on brasse bien, on écume et on continue à ajouter de nouvelles quantités d'eau, de manière que la

chaudière en renferme 1000 litres en tout. La clarification étant complète, on cesse le feu, et lorsque la température s'est abaissée à 88° environ, on siphonne la dissolution, qui marque alors 67° à 68° à l'aréomètre, dans de larges bassins en cuivre (*fig.* 50) à pans inclinés. On hâte le refroidissement et on trouble la cristallisation

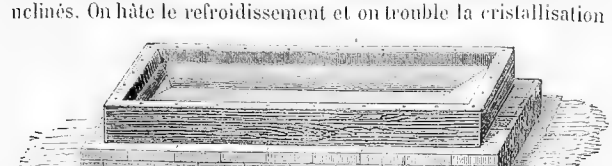


Fig. 50. — Bassin pour le refroidissement et la cristallisation confuse du nitre.

du sel par une agitation continuelle au moyen de longs râbles en bois. A mesure que le salpêtre se dépose en petits cristaux sableux, on le ramène à la partie supérieure des plans inclinés pour qu'il s'égoutte, puis on l'enlève avec des pelles criblées de trous et on le dépose dans des caisses pour y être lavé. C'est alors ce qu'on nomme le *salpêtre de seconde cuite*.

Les caisses dans lesquelles on opère la dernière purification sont en bois et à double fond ; le fond inférieur *ab* est percé de petits trous coniques (*fig.* 51); on y entasse le salpêtre humide dont la

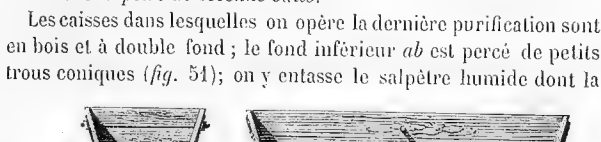


Fig. 51. — Caisses pour le lavage du salpêtre de seconde cuite.

surface bombée dépasse de 15 centimètres environ les bords des caisses. On verse d'abord sur ce sel une solution saturée à froid de nitre pur, dans l'intention de dissoudre les sels étrangers, et après trois heures de contact, on laisse écouler le liquide dans une rigole *c*, qui le dirige dans un réservoir. On pratique plusieurs autres lavages à l'eau pure jusqu'à ce que le salpêtre ne renferme plus que 2 millièmes tout au plus de chlorures.

Lorsque la masse saline est bien égouttée, on la porte dans des bassins de cuivre DD (*fig.* 49), chauffés en dessous par la chaleur perdue du fourneau B, dont la fumée circule dans les carneaux *cccc*, avant de se rendre dans la cheminée H. Le salpêtre bien desséché est parfaitement blanc et pulvérulent ; on le crible dans un tamis de laiton et on l'embarille.

Ce *salpêtre raffiné* ou de *troisième cuite* est presque exclusivement consacré à la fabrication de la poudre à tirer ; c'est le moment de vous en parler.

Fabrication de la poudre à tirer. — Les trois matières premières de la poudre de guerre, de chasse ou de mine, sont, vous devez vous le rappeler, l'azotate de potasse, le soufre et le charbon. Mais l'une des conditions essentielles pour obtenir un mélange explosif aussi parfait que possible réside dans la pureté des trois ingrédients.

Le salpêtre ne doit pas contenir plus de 2 à 3 millièmes de sel marin. Le soufre a été distillé en masse. Quant au charbon, on choisit le plus léger, le plus combustible, celui qui laisse le moins de cendres; on le prépare exprès en carbonisant, dans de petites fosses ou dans des cylindres de fonte AA disposés par paires dans un fourneau (*fig.* 52), les jeunes branches dépouillées d'écorce de

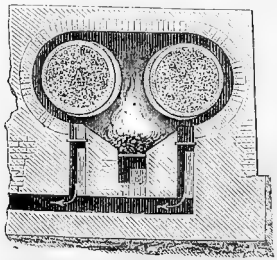


Fig. 52. — Four de carbonisation pour le charbon de la poudre de guerre.

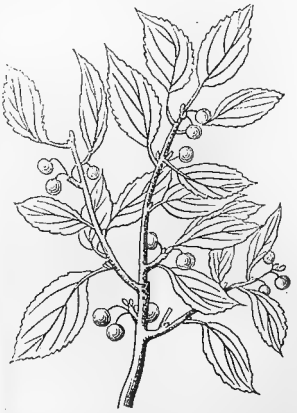


Fig. 53. — Bourdaine ou bourgène (*Rhamnus frangula*).

la bourdaine ou bourgène (*fig.* 53), et, à son défaut, du saule,

du peuplier, du tilleul, du fusain ou d'autres bois tendres et légers.

Dans tous les cas, la cuisson du bois s'opère entre 340 à 400° pour le charbon destiné à la poudre de guerre, qui est noir et s'enflamme à 370°. Pour la poudre de chasse, on ne cuit qu'à 280°, ce qui donne un charbon *roux* contenant encore beaucoup d'oxygène et d'hydrogène, et s'enflammant à 240°. M. H. Violette, de Lille, a fait adopter pour ce dernier l'emploi de la vapeur surchauffée qui permet de conduire à volonté la carbonisation et d'avoir un produit toujours identique.

On pulvérise séparément le salpêtre, le soufre et le charbon, on les mélange dans les proportions voulues, et après les avoir humec-

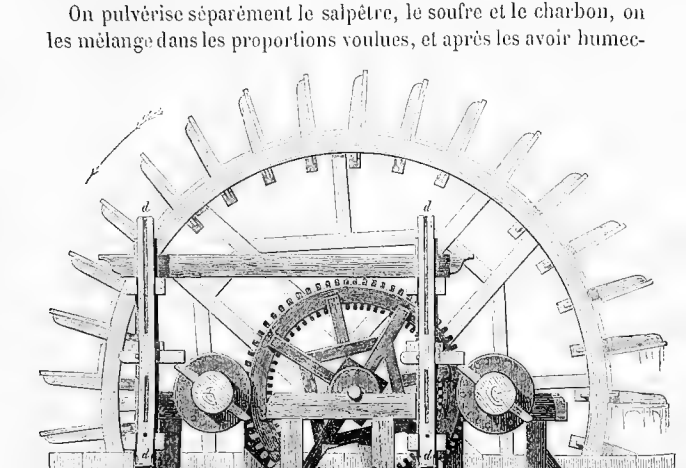


Fig. 54. — Moulin à poudre.

tés d'une certaine quantité d'eau, on les triture dans des mortiers (*fig.* 54), dont les pilons sont mus par une grande roue hydraulique.

Les mortiers *aa*, d'une forme sphérique, sont creusés dans une

pièce de chêne *bb* et leur fond est garni d'un tampon de bois plus dur *cc*; ils reçoivent chacun 10 kilogrammes de mélange. — Chaque pilon *dd* pèse 40 kilogrammes et tombe, de 0m,40 de hauteur, 50 à 60 fois par minute; le bas est recouvert d'une enveloppe en bronze *ee*.

Un moulin renferme de 20 à 24 mortiers formant deux batteries. D'après les ordonnances, il marche pendant quatorze heures pour le battage de 10 kilogrammes de poudre; mais d'heure en heure, on exécute un rechange, c'est-à-dire qu'on transporte les matières d'un mortier dans un autre pour en favoriser le mélange et empêcher qu'elles ne s'attachent trop fortement au fond des mortiers. De temps en temps, on ajoute une petite quantité d'eau pour que la pâte soit toujours légèrement humide.

Telle qu'on la retire des mortiers, elle est en gâteaux irréguliers, nommés *galettes;* on laisse sécher ou *essorer* celles-ci pendant deux jours, puis on les soumet à l'opération du *grenage*, dans un crible à gros trous, appelé *Guillaume* (*fig.* 55), au centre duquel on place un tourteau ou disque de bois dur A alourdi par une calotte de plomb fixée à sa base.

Fig. 55. — Crible dit Guillaume.

Par le mouvement de va-et-vient imprimé à l'ensemble, les galettes se divisent en grains qui traversent le crible. Ces grains irréguliers, mélangés de poussier ou de *pulvérin*, sont passés dans un second tamis, dit *grenoir*, dont les trous sont moindres que ceux du Guillaume ; les grains plus petits tombent du grenoir sur un troisième tamis, dit *égalisoir*, qui retient ce qui est encore trop gros, et la *poudre à mousquet* tombe alors sur le *blutoir*, qui ne laisse passer que le poussier. Celui-ci, encore *vert*, c'est-à-dire humide, est réduit en galettes par la compression ou le battage, pour être grené à son tour.

Le séchage des poudres grenées s'effectue soit à l'air libre, au soleil sur des tables garnies de draps, soit dans des boîtes rectangulaires en cuivre dans lesquelles circule un courant d'air chaud à 60°.

La poudre de chasse subit en plus une opération connue sous le nom de *lissage*, qui a pour but de donner aux grains le poli et le brillant qui sont propres à ce genre de poudre, d'en augmenter la densité et d'assurer sa conservation. Pour obtenir ces résultats, on la remue pendant nuit à douze heures dans des tonnes AB (*fig.* 56) montées sur un axe horizontal CD mis en mouvement par une roue hydraulique. Elles sont pourvues à l'intérieur de douze

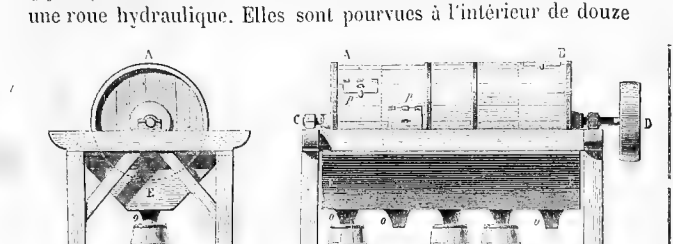


Fig. 56. — Lissoir pour la poudre de chasse.

côtes longitudinales en bois, et elles sont divisées par des fonds intermédiaires en cinq compartiments, qui ont chacun une porte *pp*. Lorsque le travail est terminé, on fait tomber la poudre dans la caisse EE, dont les tuyaux en cuir *ooo* la dirigent dans les petits tonneaux HH dans lesquels on la conserve. On la sèche et on l'époussette comme la poudre de guerre, c'est-à-dire qu'on la passe au tamis pour en séparer le pulvérin qui s'est formé pendant le séchage.

Une bonne poudre doit brûler rapidement sur une feuille de papier sans l'enflammer, et sans y laisser de résidu apparent. Elle doit être assez dure pour ne pas s'écraser entre les doigts ; elle ne doit pas salir le dos de la main. On la conserve dans des endroits bien secs et par très-petites quantités à la fois, pour rendre les accidents moins dangereux.

Chlorate de potasse. — L'énorme consommation que l'on fait actuellement de ce sel comme source d'oxygène, tant pour oxyder et ronger les couleurs dans les fabriques d'impression sur tissus que pour la fabrication des allumettes chimiques et des mélanges

pyrotechniques, a fait renoncer dans les usines au procédé des laboratoires pour l'obtenir. On suit une méthode plus rapide et plus économique, dont l'idée première appartient à M. Liebig, et qui permet d'emprunter tout l'oxygène, nécessaire à l'oxydation du chlore, non à la potasse, mais à la chaux beaucoup moins coûteuse.

Voici l'appareil adopté (*fig.* 57) et les détails de l'opération :

On introduit dans le cylindre en plomb A d'une capacité de deux mètres cubes environ, 2 parties de chaux éteinte, 1 p. de chlorure

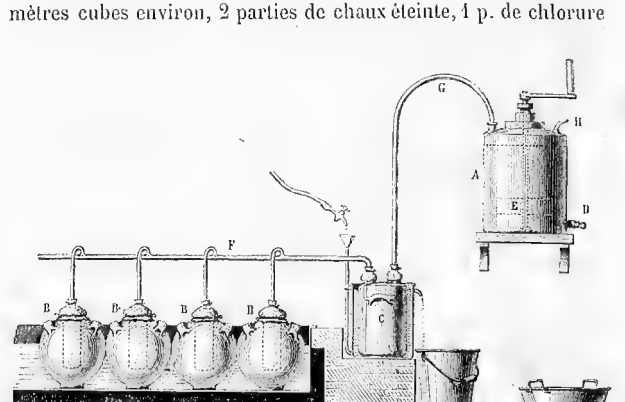


Fig. 57. — Fabrication du chlorate de potasse.

de potassium et 10 p. d'eau, et dans ce mélange, rendu homogène à l'aide de l'agitateur E, on fait arriver un courant de chlore par le tube G qui reçoit le gaz de l'appareil producteur BC. L'absorption est favorisée par une agitation fréquente; la température s'élève peu à peu presqu'à 100°, et par suite de la réaction qui s'établit entre les trois matières en présence, il se fait du chlorure de calcium et du chlorate de potasse, comme le montre l'équation suivante :

Chlorure de potassium.		Chaux.		Chlore.		Chlorure de calcium.		Chlorate de potasse.
KCl	+	6CaO	+	6Cl	=	6CaCl	+	KO,ClO^5.

Lorsque le chlore cesse d'être absorbé et qu'il se dégage par le tube H, on ouvre le trou de vidange D et on reçoit le liquide dans un bassin en plomb, où la chaux non attaquée et les impuretés se déposent. On siphonne le liquide clair et on l'évapore dans des marmites en plomb munies d'une enveloppe en fonte, dans laquelle circule de la vapeur d'eau. Lorsque la concentration est amenée au point suffisant (environ 30° de l'aréomètre), on laisse refroidir; le chlorate de potasse se dépose en lamelles cristallines, tandis que le chlorure de calcium reste dans les eaux-mères.

Les cristaux égouttés, lavés avec un peu d'eau et soumis à une nouvelle cristallisation, donnent un sel très-pur et très-blanc, qu'on dessèche dans une étuve chauffée d'une manière douce et régulière.

Allumettes chimiques allemandes. — Les premières allumettes chimiques, inventées vers 1832 en Allemagne par un chimiste qui est resté inconnu, se composaient d'une pâte de chlorate de potasse et de sulfure d'antimoine, adhérant à l'une des extrémités de bûchettes soufrées, dont on déterminait l'inflammation en les pressant entre deux surfaces de papier sablé ou verré.

En 1833, on remplaça le sulfure d'antimoine par le phosphore, en adoptant les proportions suivantes :

Chlorate de potasse.	11
Phosphore.	44
Gomme.	45
Bleu de prusse.	0,5

Comme ces allumettes ont les inconvénients de déflagrer trop vivement en projetant au loin du phosphore enflammé, de répandre une odeur désagréable, et de s'embraser fréquemment pendant le transport; comme de plus, la pâte phosphorée est un poison très-violent, on a imaginé une foule de recettes pour parer à tous ces dangers. On a essayé de remplacer le chlorate par des oxydants moins énergiques (salpêtre, oxyde puce de plomb, mi-

nium, azotate de plomb); on a substitué au phosphore ordinaire le phosphore rouge inoffensif, et enfin on a supprimé même celui-ci. La composition suivante, due à M. Hochstetter, donne d'assez bons résultats :

Chlorate de potasse.	28
Chromate de potasse.	8
Bioxyde de plomb.	18
Sulfure d'antimoine	7
Pierre ponce ou verre pilé. . . .	12
Gomme.	8
Eau	36

Néanmoins, ce sont toujours les allumettes au chlorate et au phosphore ordinaire qui sont préférées par le public et qu'on continue à fabriquer en plus grande quantité.

Chromates de potasse. — C'est avec ces sels, si vous vous le rappelez, qu'on prépare tous les autres composés du chrome qui jouent un rôle si varié dans l'industrie, soit comme matières colorantes minérales, soit comme agents d'oxydation, soit comme modificateurs et fixateurs des matières colorantes organiques.

Jusque dans ces dernières années, on obtenait les chromates de potasse en suroxydant le sesquioxyde de chrome naturel, au moyen d'un mélange de nitre et de potasse du commerce, sous l'influence d'une haute température. Un procédé plus facile d'exécution et plus économique est aujourd'hui adopté dans les usines, grâce aux travaux de MM. Allain, Jacquelain et Delacretaz; voici en quoi il consiste :

On calcine dans un four à réverbère à voûte surbaissée A (*fig.* 58) un mélange aussi intime que possible de 300 parties de *mine de chrome* très-finement pulvérisée, 300 parties de chaux vive qu'on a soin d'éteindre et 100 parties de carbonate de potasse. A la chaleur du rouge blanc et au contact de la chaux, l'oxyde de chrome absorbe l'oxygène de l'air et se change en acide chrômique qui, saturant immédiatement la potasse du carbonate, donne naissance à un chromate neutre soluble. Trois ou quatre heures suffisent pour cette réaction. Le mélange prend une consistance pâteuse et présente en refroidissant une belle couleur verte; on le retire du four.

Par des lavages méthodiques, on l'épuise du chromate

neutre de potasse formé, et on concentre les liqueurs dans des chaudières peu profondes en tôle *b*, *b'*, *b''*; celles-ci sont disposées en gradins à la suite du four et chauffées par les

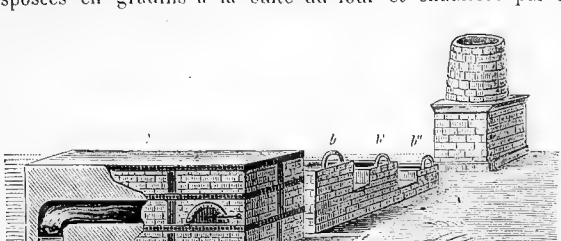


Fig. 58. — Préparation des chromates de potasse.

produits de la combustion, qui circulent dans des carneaux installés au-dessous d'elles, avant de se rendre dans la grande cheminée *d*. Les liqueurs les plus faibles sont mises dans la chaudière *c* qui reçoit le plus de chaleur, les plus fortes dans la chaudière extrême *c''*, où s'achève la concentration qu'on pousse jusqu'à 52° de l'aréomètre. De là, elles sont dirigées dans une chaudière en plomb chauffée par la vapeur et amenées à 36°. On les met alors à cristalliser dans des bacs en bois doublés de plomb (*fig.* 59).

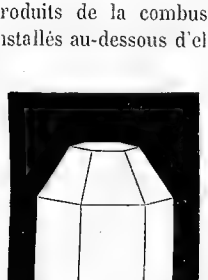


Fig. 59. — Forme cristalline du chromate neutre de potasse.

La majeure partie du chromate jaune de potasse est convertie en bichromate parce que ce dernier cristallise mieux, est plus facile à purifier et contient deux fois plus d'acide que le premier. On ajoute pour cela aux liqueurs à 36°, dont il vient d'être question, 6 pour 100 d'acide sulfurique à 66°; mais cette addition se fait par fractions pour éviter que la température ne s'élève trop. On met ensuite à cristalliser, en couvrant les bacs et

les entourant de grosses toiles pour que le refroidissement soit aussi lent que possible. Ce n'est qu'au bout de plusieurs jours qu'on fait écouler les eaux-mères et qu'on détache les beaux cristaux rouges de bichromate qu'on sèche à l'air (*fig.* 60).

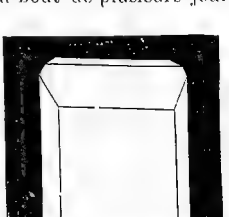


Fig. 60. — Forme cristalline du bichromate de potasse.

II. COMPOSÉS DU SODIUM.

Soudes du commerce. — Presque partout la soude artificielle, obtenue par le procédé imaginé par Leblanc à la fin du siècle dernier [1], a remplacé les soudes naturelles, et elle se substitue même de plus en plus à la potasse dans tous les cas où la nature de l'alcali est indifférente, parce que son prix de vente est beaucoup moins élevé.

Vous avez déjà une idée de sa fabrication; vous savez qu'on commence par transformer le sel marin en sulfate de soude, puis qu'on convertit celui-ci en carbonate en le calcinant avec de la craie et du charbon. Il me reste à vous apprendre comment on s'y prend, dans les grandes usines, pour réaliser économiquement ce dernier résultat, n'ayant pas à revenir sur le premier, puisqu'il en a été question à propos de l'acide chlorhydrique.

Les trois matières premières qui doivent produire, par leur

[1] Nicolas Leblanc, dont le nom restera attaché à l'une des plus grandes industries chimiques du dix-neuvième siècle, naquit à Issoudun en 1753. Il était chirurgien de la maison d'Orléans avant la révolution, lorsqu'en 1787 il commença des recherches pour faire de la soude de toutes pièces; avec le concours du duc d'Orléans, il créa, en 1790, une usine dans les environs de Saint-Denis, mais les événements de la Révolution l'empêchèrent de la faire marcher. A l'appel du Comité de salut public, il abandonna généreusement les droits que lui conférait un brevet d'invention et autorisa la publication de son procédé, qui tomba dès lors dans le domaine public; et cependant l'ingénieux savant avait été ruiné! Aux prises avec la misère, fatigué de ses longues et inutiles tentatives pour obtenir justice, impuissant à arracher sa nombreuse famille de la détresse, il tomba dans le désespoir et se tua en 1806!... Triste et déplorable fin pour le créateur d'un art chimique dont les produits sont consommés dans le monde entier et s'élèvent annuellement à plus de 300 millions de kilogrammes!

réaction mutuelle, le carbonate de soude, sont mélangées dans les rapports suivants :

Sulfate de soude calciné et broyé	1000
Craie desséchée et broyée.	1000
Houille sèche réduite en poudre fine.	500

Ce mélange, aussi homogène que possible, est introduit d'abord dans le compartiment B d'un four à réverbère (*fig.* 61) où il se dessèche et s'échauffe par le passage de la flamme et des produits de la combustion; on le fait ensuite arriver dans le

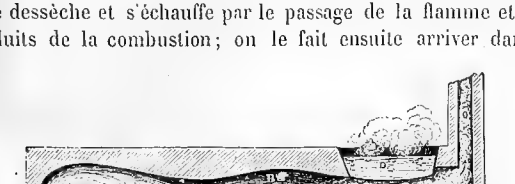


Fig. 61.— Four à soude des fabriques actuelles.

compartiment A, où règne la plus haute température et où la réaction chimique s'effectue complétement. On le remue de temps en temps avec un râble. Peu à peu la masse s'agglutine, devient pâteuse et laisse dégager des bulles qui s'enflamment immédiatement. Lorsque ces jets de flamme cessent, que la masse est bien homogène et partout également fluide, on la retire du four et l'on recharge celui-ci d'un nouveau mélange. Une opération dure environ quatre heures. Le travail continue sans interruption, nuit et jour, jusqu'à ce que le four ait besoin de réparations.

On interprète de diverses manières la production du carbonate de soude dans les conditions précédentes. Voici la théorie qui me paraît le plus en harmonie avec les faits :

Le charbon transforme d'abord le sulfate de soude en sulfure de sodium, en lui enlevant tout son oxygène et en s'oxydant lui-même :

$$2NaO,SO^3 + 8C = 2NaS + 8CO;$$

puis, par une action subséquente, le sulfure de sodium réagit sur le carbonate de chaux disséminé dans la masse et donne lieu,

par double décomposition, à du sulfure de calcium et à du carbonate de soude. Mais il y a un grand excès de craie, et comme à la température élevée du four une partie de celle-ci abandonne son acide carbonique, la chaux caustique mise à nu s'unit au sulfure de calcium et le change en *oxysulfure* complètement insoluble :

$$2\,NaS + 3\,CaO,CO^2 = 2\,NaCO^2 + \underset{\text{de calcium.}}{\overset{\text{Oxysulfure}}{(CaO,\ 2\,CaS)}} + CO^2.$$

Je néglige plusieurs faits accessoires pour ne pas compliquer l'explication.

La *soude brute*, retirée du four, est en gros pains d'un gris bleuâtre, au milieu desquels se trouvent des fragments de charbon ; elle est un peu poreuse, mais très-dure ; elle se délite facilement à l'air humide ; elle a une saveur caustique et répand une odeur d'œufs pourris quand on la traite par un acide, en raison de l'oxysulfure de calcium qu'elle contient. Elle ne renferme pas plus de 35 à 36 p. 100 de carbonate de soude. Elle est trop impure pour qu'on l'emploie telle quelle.

On la raffine en l'épuisant par des lessivages méthodiques exécutés à froid, et en faisant ensuite évaporer à siccité les liqueurs alcalines. Il y a plusieurs systèmes de lessivage ; le suivant, dit *par déplacement*, s'opère ainsi qu'il suit :

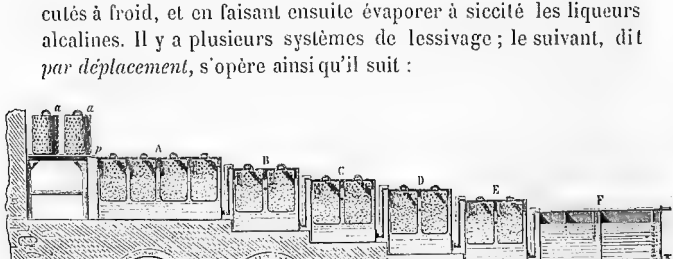


Fig. 62. — Appareil pour le lessivage de la soude brute par déplacement.

On remplit de soude brute, réduite en fragments, des paniers de tôle *aa* (*fig.* 62) percés de trous nombreux, qu'on place dans

des cuves rectangulaires en tôle, ABCDE, disposées en gradins à la suite les unes des autres. Dans le haut de l'atelier se trouve un réservoir d'eau, alimentant la première cuve A. Des tuyaux de fonte font communiquer la partie inférieure d'une cuve avec la partie supérieure de la cuve suivante; ces tuyaux déversent le liquide dans les paniers, en sorte que l'eau traverse toute la soude brute contenue dans ces derniers avant de sortir des cuves; il en résulte que la soude est toujours en contact avec de nouvelle eau, aussi est-elle rapidement épuisée de son sel soluble. La dernière cuve F sert à laisser déposer la dissolution avant de la soutirer dans les chaudières d'évaporation; elle marque de 27 à 28° à l'aréomètre.

La concentration s'en opère d'une manière économique dans une chaudière de tôle D placée au-dessus du compartiment C du four à soude précédent (*fig* 61); on tire ainsi parti de la chaleur perdue. Lorsque la liqueur est évaporée au point de laisser précipiter du sel, on la fait couler dans la chaudière inférieure C où le sel est desséché et calciné.

C'est alors ce qu'on appelle le *sel de soude*, qui se présente en petits fragments blancs, d'une saveur alcaline très-prononcée. La plus grande partie est livrée sous cette forme au commerce; mais une autre partie est convertie en *cristaux de soude* qu'on emploie de préférence, comme moins caustiques, dans certaines opérations du blanchiment et de la teinture.

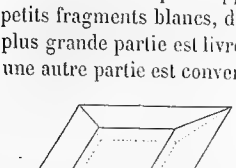


Fig. 65. — Cristaux de soude.

Pour avoir ces *cristaux de soude* (*fig.* 65), on fait dissoudre le *sel de soude*, on concentre les liqueurs jusqu'à 30 ou 32° et on met à cristalliser dans d'immenses récipients en tôle placés dans un endroit bien aéré. Cinq à six jours après, on fait écouler les eaux-mères qui renferment du sel marin, du sulfate de soude, de la soude caustique et un peu de sulfure; elles servent à faire du sel à bas degrés. Les cristaux sont soumis à une nouvelle cristallisation dans de petites marmites en fonte, desséchés dans une vaste chambre chauffée à 15 ou 18°, et embarillés immédiatement avant qu'ils soient effleuris à leur surface.

Les *cristaux* sont toujours plus purs que le *sel de soude*, comme

vous pouvez le voir par les analyses suivantes, qui représentent une moyenne :

	Cristaux de soude.	Sel de soude.
Carbonate de soude.	36,47	98,12
Sulfate de soude.	0,94	1,07
Chlorure de sodium.	0,42	0,74
Eau de cristallisation.	62,15	»
	99,98	99,93

Essai des soudes. — Les soudes commerciales se vendent, comme les potasses, au titre alcalimétrique, et sont essayées de la même manière, en faisant usage du même instrument. En suivant la méthode de Descroizilles, on opère sur 5 grammes de matière; en suivant celle de Gay-Lussac, on opère sur $3^{gr},163$, parce que c'est la quantité de soude pure qui saturerait exactement les 5 grammes d'acide contenus dans les 100 parties de liqueur d'épreuve de l'alcalimètre.

Lorsque les soudes sont sulfureuses ou chargées de sulfite, ce qui arrive assez fréquemment, on a la précaution, avant de les soumettre à l'essai, de les calciner au rouge avec 20 ou 30 p. 100 de chlorate de potasse, afin de convertir, par l'oxygène de ce sel, le sulfure de sodium et le sulfite de soude en sulfate, qui n'a pas, comme ceux-ci, la propriété de saturer une partie de l'acide de la liqueur d'épreuve. On redissout dans l'eau le résidu de la calcination et l'on opère la saturation à la manière ordinaire.

Le titre alcalimétrique d'une soude étant obtenu, il est facile de savoir ce que ce titre représente d'alcali caustique ou carbonaté, en multipliant les degrés par $0^{gr},0316$ ou par $0^{gr},0540$, puisque chaque degré de l'alcalimètre de Descroizilles correspond à $0^{gr},0316$ de soude pure ou à $0^{gr},0540$ de carbonate de soude.

Soit donc une soude titrant 60° alcalimétriques :

$60° \times 0^{gr}0316 = 1^{gr}896$ de soude pure, ou pour 100.	37,92
$60° \times 0^{gr}0540 = 3^{gr}240$ de carbonate de soude.	64,80

Dans le tableau suivant, j'ai réuni les titres *alcalimétrique* et *pondéral* des soudes commerciales les plus employées, avec les quantités d'alcali pur et carbonaté correspondantes à ces titres.

	TITRE alcalimétrique d'après Descroizilles	TITRE pondéral d'après Gay-Lussac.	SOUDE PURE sur 100 parties.	CARBONATE de soude sur 100 parties.
Soude brute artificielle.	18 à 34°	17,30 à 32,69	14,10 à 27,62	19,20 à 36,60
Sel de soude brut . . .	40 à 70°	38,46 à 67,30	32,72 à 57,0	45,55 à 75,60
— raffiné caustique. . .	50 à 80°	48,07 à 76,92	40,85 à 65,40	54,05 à 86,60
— non caustique. . . .	40 à 80°	38,46 à 76,92	32,72 à 65,40	45,55 à 86,60
Cristaux de soude. . .	34 à 36°	32,69 à 34,61	27,62 à 29,55	36,60 à 38,85
Natron d'Égypte. . . .	45 à 58°	43,27 à 55,77	36,60 à 46,80	48,50 à 61,94
— de Barbarie. .	20 à 50°	19,25 à 48,07	16,20 à 40,85	21,40 à 54,05
Potasse d'Amérique factice.	50 à 55°	48,07 à 54,52	40,85 à 50,00	54,05 à 69,90
— perlasse factice [1]. .	50 à 55° [1]	48,07 à 54,52	40,85 à 50,00	54,05 à 69,90

Chlorure de sodium. — Le sel marin, dont on consomme de si grandes quantités pour l'alimentation, la conservation des matières organiques et la fabrication de la soude, est retiré, comme je vous l'ai déjà appris, ou des entrailles de la terre, ou de certaines sources salines, et surtout des eaux de la mer.

Je n'ai rien à ajouter à ce que j'ai dit, dans la deuxième année du Cours, sur l'exploitation des mines de *sel gemme*, mais je dois compléter ce qui concerne l'extraction du *sel commun* des sources et de la mer.

1° *Traitement des sources salées.* — La plupart des sources salées de nos départements de l'Est ne sont pas assez riches en chlorure de sodium pour qu'on puisse les concentrer immédiatement au moyen du feu ; ce serait trop coûteux. On commence toujours par les soumettre à une évaporation spontanée dans des appareils qui sont nommés *bâtiments de graduation*. Ils consistent

[1] *Les potasses d'Amérique factices* ne sont autre chose que des soudes auxquelles on a donné l'aspect extérieur des potasses dont elles portent le nom. C'est un nommé Ador, fabricant de produits chimiques, qui imagina cette substitution, pour lutter contre les préjugés des blanchisseurs, qui ne voulaient pas se servir des soudes factices prétendant qu'elles ne pouvaient pas agir aussi bien que les potasses d'Amérique dans le blanchissage des tissus.

le plus ordinairement en hangars très-longs, assez élevés, ouverts à tous vents, sous lesquels sont superposés presque jusqu'à leur toit des fagots d'épines formant ainsi d'immenses parallélipipèdes rectangles (*fig.* 64).

Les eaux salées sont conduites, au moyen de pompes, dans des rigoles, percées de trous, placées un peu au-dessus des massifs de fagots. En tombant sur ceux-ci, elles se divisent à l'infini, les

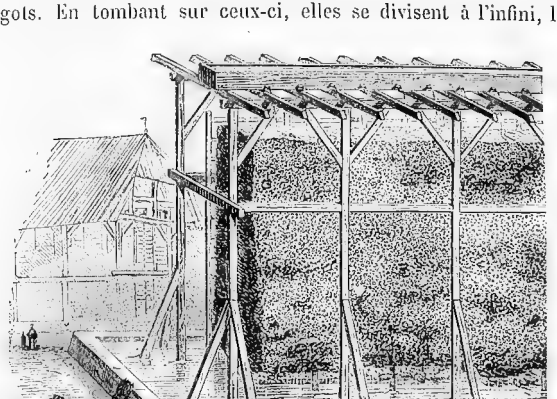


Fig. 64. — Bâtiment de graduation.

traversent en présentant une grande surface à l'évaporation et se réunissent plus concentrées dans des réservoirs inférieurs, d'où on les dirige une seconde, une troisième fois, sur les fagots, jusqu'à ce qu'elles aient acquis une densité de 1,140 ou qu'elles marquent environ 25° au pèse-sels de Baumé. Alors on termine leur concentration dans des chaudières en fer carrées, peu profondes et très-larges.

Pendant les premiers temps de l'ébullition, il se dépose un sulfate double de soude et de chaux, que les ouvriers désignent sous le nom de *schlot;* on l'enlève de temps en temps pour éviter qu'il ne s'attache aux parois des chaudières, et on l'accumule

dans des augets en tôle, dits *augelots*, qui sont placés au-dessus de celles-ci. Au bout de 15 à 20 heures de feu, le *schlotage* est terminé et le sel marin commence à se déposer.

On fait alors passer la liqueur dans d'autres chaudières que l'on chauffe doucement ; le *salinage* s'opère, c'est-à-dire que le sel se précipite en petits cristaux confus ; on l'enlève au fur et à mesure avec des écumoires ; on le met à égoutter dans des trémies, puis on le porte au séchoir.

On continue le salinage jusqu'à ce que le sel soit impur ; on fait écouler les eaux-mères et on les remplace par de nouvelles eaux sortant des chaudières de schlotage. Ces eaux-mères sont ordinairement très-riches en sulfate de magnésie, ainsi qu'en chlorure, iodure et bromure de magnésium.

2° *Traitement des eaux de mer.* — *Marais salants.* — Ces vastes bassins peu profonds creusés sur les bords de l'Océan et sur les côtes de la Méditerranée, sont, en France, au nombre de 82 et occupent une surface totale de 24248 hectares. Les plus importants sont à Maremmes (Charente-Inférieure) et au Croisic (Loire-Inférieure).

La figure 65 vous donne une idée de la disposition des marais salants de l'Ouest. Amenée par la marée dans un vaste réservoir nommé *vasière*, où elle dépose les matières qu'elle tient en suspension, l'eau de l'Océan passe dans un second réservoir moins profond, nommé *cobier*, qui est partagé en plusieurs carrés longs, séparés les uns des autres par de petits sentiers unis de quelques centimètres d'élévation ; après avoir parcouru ces divers compartiments et s'y être réchauffée, l'eau coule, par des conduits souterrains pratiqués dans des chaussées de 1 mètre d'élévation nommées *bossis* ou *bosses*, dans une série de compartiments semblables aux précédents qui occupent le pourtour de ce qu'on appelle la *saline*. Ces nouveaux compartiments ou *fares* communiquent entre eux et, au moyen de petites rigoles, ils déversent leurs eaux dans des bassins inférieurs peu profonds désignés sous le nom d'*œillets*. C'est dans ceux-ci que s'opère le salinage.

Vous concevez facilement que pendant un parcours aussi long, l'eau de la mer, réduite à une mince épaisseur, éprouve une concentration assez rapide ; et, en effet, deux jours suffisent pour

qu'elle laisse déposer la majeure partie du chlorure de sodium.

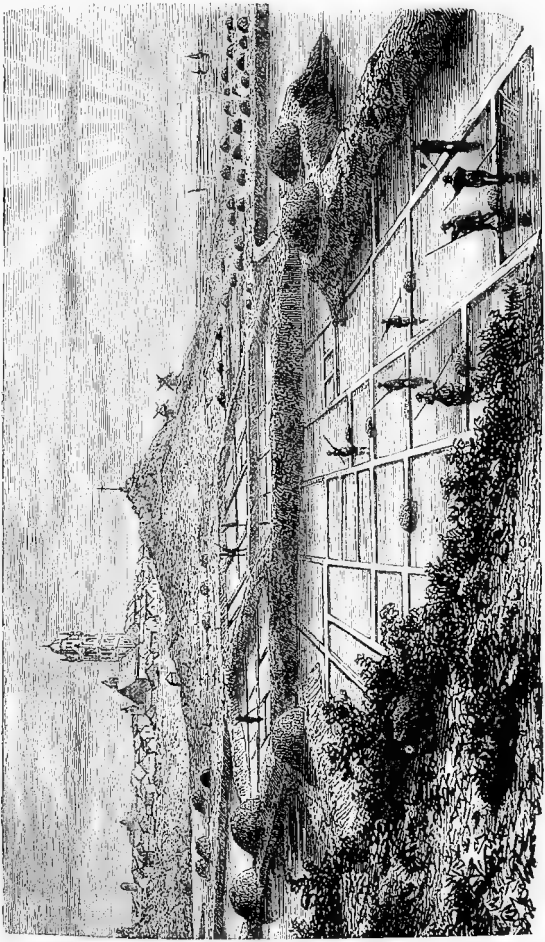


Fig. 63. — Marais salants du bourg de Batz en Bretagne.

A la surface de l'eau, dans chaque œillet, apparaît en crème lé-

gère du sel blanc ou *menu* qu'on enlève avec des espèces de cuillers mi-plates ; au fond s'est précipité du gros sel ou *sel gris*

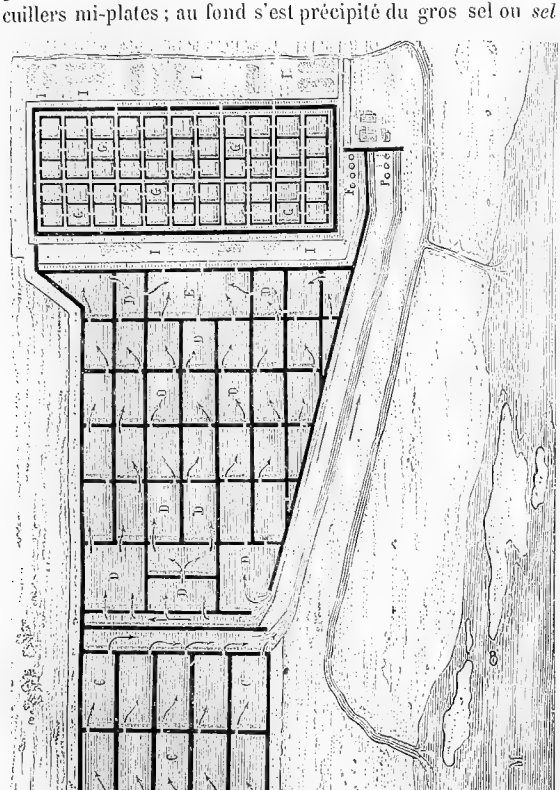


Fig. 66. — Marais salants du midi de la France.

qu'on ramène avec des râteaux sur de petits plateaux circulaires

(*ladures*) qui occupent le milieu des cloisons des œillets. Ce sel est ensuite transporté sur la chaussée et mis en *meulons*, qu'on recouvre d'une couche de terre glaise ; il s'égoutte, se dépouille des sels déliquescents, et, lorsqu'il est suffisamment sec, on le livre au commerce. Sa couleur grise est due à un peu d'argile provenant des parois des bassins et de la couche de glaise don on recouvre les meulons.

Les salines du Midi, réparties depuis Hyères jusqu'à Port-Vendres, sont plus méthodiquement disposées (*fig.* 66). L'eau de la Méditerranée M, introduite d'abord dans un vaste bassin peu profond, s'écoule lentement dans une série de bassins rectangulaires CCC, plus petits et moins profonds, où elle se concentre, et passe de là dans de grands puits P, dits *puits des eaux vertes*. Une machine hydraulique la déverse dans de nouveaux bassins d'évaporation, DDD, dits *chauffoirs intérieurs*, d'où elle se rend dans un réservoir E, appelé *pièce maîtresse*, et, de là, dans des puits F nommés *puits de l'eau en sel*.

L'eau de mer qui marquait 3°5 à l'aréomètre, sort du bassin C avec une densité de 15°, acquiert celle de 18° dans les chauffoirs et arrive dans les puits F avec celle de 22 à 24° ; elle est prête à saliner. Soutirée de nouveau à l'aide de pompes, elle entre dans les bassins GGG beaucoup plus petits que les premiers et qui portent le nom de *tables salantes*. C'est là que réduite en nappes de 5 à 6 centimètres d'épaisseur, elle laisse déposer le sel en cristaux blancs et volumineux ; elle s'y renouvelle tous les jours ou tous les deux jours. L'opération continue ainsi pendant toute la belle saison, c'est-à-dire d'avril à septembre.

Lorsque le sel déposé a une épaisseur de 4 à 5 centimètres, on met les tables à sec, et au moyen de pelles on enlève les cristaux dont on forme des tas allongés III connus sous le nom de *camelles*. Le *levage* du sel n'a lieu que 2 ou 3 fois, tout au plus, pendant les cinq ou six mois que dure la campagne.

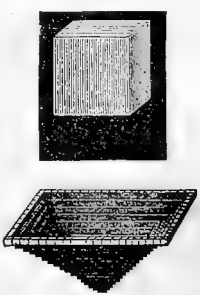


Fig. 67.— Forme habituelle du sel blanc du Midi.

Le sel est produit à si bon marché dans les marais salants que

les 100 kilogrammes reviennent tout au plus à 1 franc ; mais, à sa sortie des marais, il est frappé d'un droit de 10 centimes par kilogramme.

Les sels du Midi sont très-différents des sels de l'Ouest par la blancheur et la grosseur de leurs cristaux (*fig.* 67) ; ils sont aussi plus secs et plus purs, comme le montre le tableau suivant :

	Sel ordinaire du Midi.	Sel gris des côtes de Bretagne.
Chlorure de sodium.	95.11	87,97
— de magnésium. . .	0,23	1,58
Sulfate de magnésie.	1,50	0,50
— de chaux.	0,91	1,65
Matières terreuses.	0,10	0,80
Eau	2.35	7,50
	100,00	100,00

Borate de soude. — Comme je vous l'ai dit, dans la deuxième partie du Cours, le borax de l'Inde ou *tinkal*, dont le raffinage fut pendant plusieurs siècles monopolisé par les Vénitiens et les Hollandais, est remplacé presque partout en Europe, par le borax artificiel fabriqué tant à Livourne qu'en France avec l'acide borique de Toscane. La fabrication de ce sel n'offre aucune difficulté. On opère de la manière suivante :

Dans une cuve en bois A (*fig.* 68), doublée en plomb, on intro-

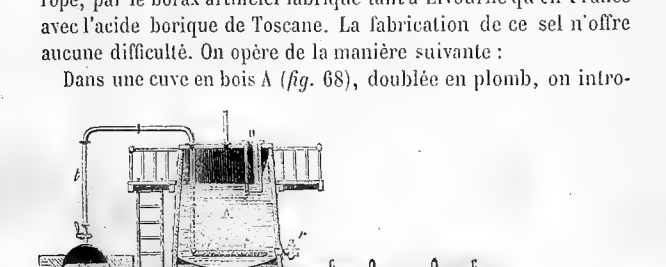


Fig. 68. — Fabrication du borax artificiel.

duit 1500 litres d'eau et 1200 kilogrammes de cristaux de soude. On fait dissoudre en portant à l'ébullition au moyen d'un courant

de vapeur qu'un tuyau en plomb *tt* amène du générateur B au fond de la cuve qui est fermée. On introduit alors, dans celle-ci, par l'ouverture O et par fractions, 1000 kilogrammes d'acide borique brut. Une vive effervescence se produit à chaque fois. Lorsque la saturation est effectuée, on arrête le courant de vapeur et après douze heures de repos, on fait écouler la liqueur claire, qui marque 21° Baumé, par le robinet *r*, dans des cristallisoirs en bois doublés en plomb CC. La cristallisation du borate de soude demande plusieurs jours ; les eaux-mères sont recueillies dans des réservoirs en fonte D, pour repasser dans des opérations nouvelles.

Les masses cristallines sont détachées avec des ciseaux en fer et mises à égoutter sur le plan incliné F. Mais avant de les livrer au commerce, on les soumet au raffinage, qui a surtout pour but d'obtenir le borax en gros cristaux durs, ainsi que l'exigent les bijoutiers et autres ouvriers soudeurs.

Ce raffinage, qui est absolument le même pour le borax artificiel et pour le borax brut de l'Inde, est pratiqué dans l'appareil

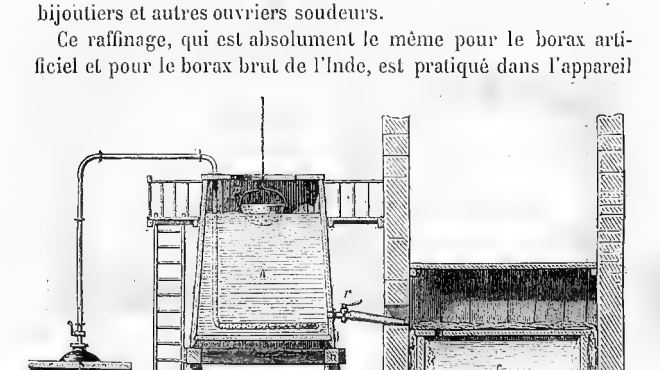


Fig. 69. — Raffinage du borax brut.

ci-contre (*fig.* 69). Il diffère fort peu, comme vous le voyez, de l'appareil précédent ; la cuve est seulement plus grande ; on la rem-

plit d'eau qu'on porte à l'ébullition par la vapeur, et on y fait dissoudre le borax brut d'une manière très-prompte en mettant ce sel dans un panier en tôle P percé de trous, qu'une chaîne de suspension tient à moitié plongé dans le liquide. A mesure que le borax se dissout, la solution plus lourde tombe au fond de la cuve et se trouve remplacée par de l'eau pure qui agit sur les cristaux avec toute l'énergie de son pouvoir dissolvant; on met de nouveau sel dans le panier pour remplacer celui qui disparaît et, en dernier lieu, on ajoute 5 pour 100 de cristaux de soude pour précipiter les bases terreuses étrangères.

Lorsque la solution bouillante marque 22° Baumé, on cesse de chauffer, on laisse reposer deux ou trois heures, et on fait passer la liqueur éclaircie, au moyen du robinet *r*, dans de grands cristallisoirs C cubiques qu'on ferme et qu'on laisse dans le repos le plus complet. Au bout de 15 à 30 jours, suivant la température ambiante, la cristallisation est terminée. Lorsque le refroidisse-

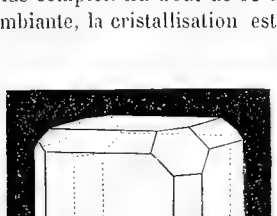


Fig. 70. — Borax prismatique.

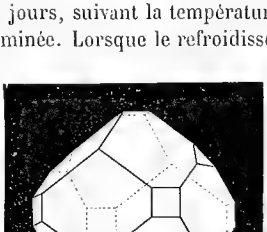


Fig. 71. — Borax octaédrique.

ment est très-lent, le borax se dépose en gros cristaux bien terminés (*fig.* 70), tels que les veut le commerce; dans le cas contraire, on n'obtient que des masses compactes.

Quand on veut avoir du borax octaédrique (*fig.* 71), préféré par les bijoutiers et autres ouvriers soudeurs, parce qu'il se boursoufle moins, arrive plus vite à la fusion ignée, et se réduit en poudre fine par le frottement sur une pierre humide, on opère le raffinage de la même manière, seulement on concentre la dissolution jusqu'à 30° Baumé, on ne la laisse dans les cristallisoirs

que pendant 5 à 8 jours, et l'on décante l'eau-mère aussitôt que sa température s'est abaissée jusqu'à + 56°. Les cristaux formés dans ces conditions sont tous octaédriques, tandis que l'eau-mère donne ensuite du borax prismatique.

Dans l'un et l'autre cas, on détache avec le ciseau et le maillet les cristaux adhérents aux parois des cristallisoirs ; on les sèche pendant un jour sur des tables bien propres, on les trie et on les embarille dans des caisses de bois blanc.

III. COMPOSÉS DE L'ALUMINIUM.

Aluns du commerce. — Le plus important des composés de ce métal, c'est, sans contredit, l'*alun*, sulfate double d'alumine et de potasse ou d'ammoniaque, comme vous devez vous le rappeler. C'est le seul qui donne lieu à une fabrication en grand.

Ce sel a été employé dans les Indes de toute antiquité, et dès les premiers siècles de l'ère chrétienne il était importé d'Orient en Europe, surtout en Italie. Jusqu'au quinzième siècle, il fut exclusivement préparé à Constantinople, à Alep et à Rocca, aujourd'hui Edesse, près de Smyrne, d'où lui est venu probablement le nom d'*alun de roche*, qu'il porte encore dans le commerce. On le fabriquait avec un minerai très-commun dans ces localités et qu'on appelle aujourd'hui *alunite* ou *pierre d'alun*.

Un marchand Génois, nommé Perdrix, qui avait beaucoup voyagé en Orient, et qui s'était arrêté quelque temps à Rocca, établit, sur l'île d'Ischia, la première fabrique d'alun d'Europe, vers le milieu du quinzième siècle. A la même époque, un autre Génois, Jean de Castro, frappé des analogies qu'il remarquait entre les terrains de Rocca et ceux de la Tolfa, près de Civita-Vecchia, rechercha et ne tarda pas à découvrir l'*alunite ;* il éleva alors une usine d'alun à la Tolfa, qui est devenue très-célèbre, qui n'a cessé d'être en activité jusqu'à nos jours et qui a été une source de richesse pour les États de l'Église. Enfin, Antonio de Piena établit, un peu plus tard, une usine semblable à Volterra, dans le grand-duché de Toscane.

Plusieurs autres exploitations de mines d'alun s'élevèrent successivement à Viterbe, au cap Misène, à la Solfatare de Naples, puis en Allemagne, en Espagne et en France, au seizième siècle;

Thomas Chaloner importa ce genre d'industrie en Angleterre sous le règne d'Élisabeth. Dans ces diverses régions, toutefois, ce ne fut plus l'*alunite* qu'on utilisa, mais bien des schistes alumineux qui sont si abondants. Les aluns d'Allemagne, de France et d'Angleterre firent dès lors une active concurrence aux aluns de l'Italie qui, néanmoins, à cause de leur remarquable pureté, ne cessèrent d'obtenir une préférence marquée auprès des industriels, des teinturiers surtout.

Trois procédés distincts fournissent concurremment au commerce les 6000000 de kilogrammes d'alun dont il a besoin, année commune, à savoir : le *procédé italien*, le *procédé allemand* et le *procédé français*. Je vais vous les faire connaître succinctement.

1° *Procédé italien*.—Ce procédé repose sur l'exploitation de l'*alunite*, si abondante en Italie. Cette roche est une combinaison de 57 d'alun de potasse anhydre et de 43 d'hydrate d'alumine sur 100.

On brise cette roche et on en calcine les fragments dans des fours peu différents des fours à chaux. On chasse ainsi l'eau de l'hydrate et on donne beaucoup de cohésion à l'alumine, si bien qu'en lessivant la masse calcinée, après l'avoir entretenue humide pendant plusieurs mois, on enlève tout l'alun qu'on fait cristalliser.

Il se dépose d'abord des cristaux octaédriques, puis des cubo-octaèdres, et enfin lorsque les liqueurs sont refroidies à 40°, l'alun prend la forme cubique. Cela est dû à de l'alumine divisée qui est en suspension dans les liqueurs et qui finit par se combiner en partie avec l'alun ordinaire, en le changeant en alun basique. Les formules suivantes montrent la différence de composition des deux sortes d'alun :

Alun octaédrique ordinaire (*fig.* 72). . . $KO,SO^3 + Al^2O^3,3SO^3 + 25HO$
— cubique (*fig.* 73). . . . . $KO,SO^3 + SO^3,3Al^2O^3 + 9HO$

Ce mélange d'aluns de diverses formes est coloré en rose par un peu de sesquioxyde de fer retenu mécaniquement entre les particules des cristaux. Il porte le nom d'*alun de Rome* dans le commerce.

C'est parce qu'il ne renferme jamais que des traces de sulfate

de fer et qu'il est beaucoup plus riche en alumine que les autres aluns qui cristallisent toujours en octaèdres, qu'il donne en teinture des couleurs plus nourries et plus pures que ceux-ci. Mais il

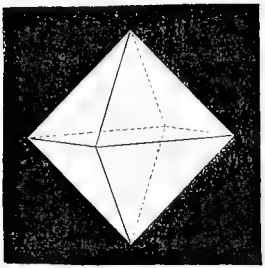


Fig. 72. — Alun ordinaire.

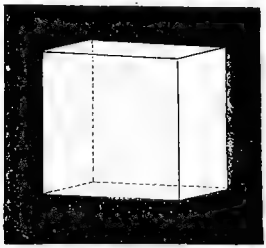


Fig. 73. — Alun cubique.

ne faut pas opérer sa dissolution à une température supérieure à + 40°, car autrement il se trouble, laisse déposer du sulfate d'alumine tri-basique et repasse à l'état d'alun octaédrique ordinaire.

Les alunières de la Tolfa, quoique déchues de leur ancienne splendeur, occupent encore aujourd'hui de 6 à 700 ouvriers.

2° *Procédé allemand.*—Dans un grand nombre de localités de la Picardie, dans l'Oise et les Ardennes, à Bouxwillers dans le Bas-Rhin, en Belgique, en Hollande, en Bohême, au Hartz, en Angleterre, en Écosse, en Suède, en Norwége, on exploite des schistes alumineux qui se rencontrent en abondance dans le voisinage des mines de houille et des dépôts de lignites. Au point de vue de leur composition, ces schistes peuvent être considérés comme des mélanges, en proportions variables, de silicates d'alumine analogues aux argiles, de matières charbonneuses, bitumineuses et de pyrites de fer.

Lorsque ces schistes renferment assez de pyrites pour s'échauffer spontanément à l'air, on les empile au sortir de la mine en tas de dimensions plus ou moins considérables, depuis 1 jusqu'à 10 mètres de hauteur; on les arrose avec assez d'eau pour les maintenir quelque temps humides. Sous l'influence simultanée de l'air et de l'humidité, la pyrite s'oxyde et se change en sulfate de

protoxyde de fer avec acide sulfurique libre ; ce dernier attaque le silicate d'alumine et donne lieu à du sulfate simple d'alumine.

Ces phénomènes sont activés par l'embrasement des matières charbonneuses et bitumineuses disséminées dans la masse. On a soin d'entretenir celle-ci dans un état convenable d'humidité. Au bout d'un temps plus ou moins long, qui varie de quelques mois à un an ou deux, le tout est converti en une sorte de cendre grise, couverte d'efflorescences, qu'il ne s'agit plus que de lessiver. Les eaux sont concentrées, éclaircies par un repos momentané et conduites dans de vastes citernes en béton où le sulfate de fer s'isole et cristallise.

Les eaux-mères qui conservent le sulfate d'alumine sont soutirées et soumises au *brevetage*, c'est-à-dire qu'on y ajoute une quantité convenable de sulfate de potasse ou d'ammoniaque pour convertir le sulfate d'alumine en alun.

Pour 100 parties de sulfate d'alumine, en dissolution, on ajoute :

50,9 de sulfate de potasse
ou 47,4 de sulfate d'ammoniaque.

Comme l'alun est peu soluble dans l'eau, à la température ordinaire, il se dépose bientôt après l'addition du sulfate alcalin sous la forme d'une poudre blanche. On favorise du reste la combinaison des deux sels et la précipitation de l'alun en poussière farineuse, facile à laver, par l'agitation des liqueurs avec de longs râbles de bois.

Quand les schistes ont trop de cohésion pour s'effleurir à l'air, on les dépose lits par lits avec du bois ou de la houille en tas plus ou moins hauts et longs, et on y met le feu. La combustion dure très-longtemps et ne donne guère pour produit que du sulfate d'alumine, parce que le sulfate de fer ne peut pas se former à cette température en présence de l'alumine.

On lessive ensuite la matière, on concentre et l'on obtient par la cristallisation une certaine quantité d'alun, dont la formation est due à la potasse contenue dans le bois qui a servi au grillage, ou à l'ammoniaque provenant de la combustion de la houille. On ajoute ensuite dans les eaux-mères du sulfate de potasse ou d'ammoniaque pour changer le sulfate simple d'alumine en alun, qu'on réunit au premier.

Dans tous les cas, les aluns obtenus en poussière farineuse sont plus ou moins imprégnés de sulfate de fer ; on les en dépouille par des lavages à courte eau, aussi froide que possible.

On donne ensuite à l'alun la forme commerciale en le faisant dissoudre dans l'eau bouillante, de manière que la solution marque 48 à 50° Baumé. On opère sur des quantités considérables de sel, dans de grandes chaudières en fonte doublées de plomb dans lesquelles circulent des serpentins à vapeur. On met la liqueur à cristalliser dans d'immenses cuviers en bois sous forme de tronc de cône allongé dont les douves mobiles sont maintenues par des cercles en fer boulonnés. On obtient ainsi des blocs d'alun de 5 à 6000 kilogrammes qu'on divise en gros pains rectangulaires au moyen de la scie.

C'est ainsi qu'arrivent dans le commerce les *aluns de Picardie*, de *Liége*, d'*Angleterre*, d'*Allemagne*. Ils sont toujours plus ou moins ferrugineux.

3° *Procédé français*. — Il consiste à fabriquer de toutes pièces le sulfate d'alumine au moyen d'argiles choisies et à convertir ensuite ce sulfate en alun au moyen du *brevetage*. Cette industrie est due à Curandau qui l'établit, il y a environ soixante-seize ans, à Javelle près Paris, et à Chaptal qui l'introduisit à Montpellier, à peu près à la même époque.

On donne la préférence aux argiles plastiques qui contiennent le moins d'oxyde de fer et de carbonate de chaux, notamment aux *kaolins* de Limoges et du Cornouailles. On les soumet à une calcination légère pour les rendre poreuses et faciles à pulvériser, et aussi pour suroxyder le fer qui devient alors moins attaquable. Sur 100 parties de matière calcinée et pulvérisée, on verse 40 d'acide sulfurique à 52°, c'est-à-dire tel qu'il sort des chambres de plomb, et on fait digérer à une température de + 70°, soit dans des bassins en dalles de grès dur, soit dans des chaudières en tôle plombée. Après plusieurs jours de contact, la décomposition du silicate d'alumine est à peu près opérée; on l'achève en portant la masse pâteuse dans un four à réverbère où elle est soumise, pendant huit à dix heures, à une température voisine du point d'ébullition de l'acide.

On procède ensuite au lessivage; les eaux sont concentrées à

25° si l'on veut obtenir de l'alun ammoniacal, ou à 40°, si l'on se propose de préparer de l'alun de potasse, et on les mélange ensuite avec des quantités calculées de sulfate d'ammoniaque ou de potasse. L'alun en farine est ensuite converti en alun commercial comme dans le procédé allemand. Il est vendu sous le nom d'*alun fin de Paris;* c'est le plus pur de tous.

L'alun ammoniacal est presque le seul que l'on prépare maintenant en France, à cause du bas prix des sels ammoniacaux.

Essai et purification des aluns. — Si, pour la plupart des emplois de l'alun, il importe peu qu'il renferme quelques millièmes de fer, il n'en est pas de même quand il doit servir à la teinture sur soie, fil et coton en couleurs claires, surtout en jaune de gaude, ou en rouge de cochenille, car les moindres traces de sel de fer brunissent ces couleurs délicates.

Les teinturiers doivent donc toujours essayer les aluns du commerce avant d'en faire usage. Le moyen est bien simple. On verse dans leur solution quelques gouttes de prussiate jaune de potasse, ou l'on arrose leur poudre avec ce réactif. Il ne doit apparaître aucune coloration bleue après quelques heures.

Dans tous les cas, il est très-facile de purifier les aluns et même de leur communiquer toutes les qualités de l'alun de Rome; il suffit de faire leur dissolution, opérée à + 30 ou 40°, avec 0,03 de sel de soude; on précipite ainsi tout le fer et on donne naissance à de l'alun cubique. Ce procédé, conseillé par d'Arcet, est mis en pratique par les habiles teinturiers sur soie et sur coton.

Art du potier ou Céramique. — Les argiles, silicates d'alumine plus ou moins impurs, sont, vous devez vous le rappeler, la base des poteries de toutes natures. L'art de les travailler pour les convertir en ustensiles domestiques ou en vases d'ornement a pris le nom de *céramique*, du nom grec des poteries, *keramos*. Il est nécessaire de vous en donner une idée sommaire.

La céramique a été une des premières industries créées par l'homme, et elle fit de rapides progrès dans l'Asie orientale, mais surtout chez les Hindous, les Coréens, les Chinois, les Japonais. Avant tous les autres, ces peuples ont façonné l'argile et l'ont

transformée en briques, en tuiles, en vases à cuire les aliments, à renfermer les liquides, les grains, etc., et il est à croire que ce sont leurs procédés qui se sont peu à peu répandus, d'abord dans toute l'Asie, en Afrique, et par suite en Europe C'est à eux qu'on doit l'invention de la *tournette* ou *plateau tournant*, et de la *roue* ou *tour à potier*, évidemment les plus anciens des instruments industriels imaginés par l'homme.

Le choix de l'argile pour la confection des poteries est justifié par la plasticité considérable dont elle jouit et par le durcissement qu'elle acquiert par la cuisson; mais à côté de ces deux qualités si précieuses, viennent se placer deux propriétés qui les contre-balancent. La première est le *retrait* plus ou moins fort qu'elle éprouve par la cuisson, retrait qui tend à produire la déformation des vases façonnés avec cette substance. La seconde est sa *porosité*, qui laisserait suinter à travers les parois de ces vases les liquides qu'on y renfermerait.

On fait disparaître le premier inconvénient en ajoutant à l'argile une substance désignée sous le nom de *ciment* ou de *matière dégraissante* qui, diminuant sa plasticité, rend aussi son retrait moins considérable, et lui donne la propriété d'éprouver une demi-fusion. Les substances qui agissent ainsi sont le silex, les sables, le quartz, le feldspath, la craie, les os calcinés, les sulfates de baryte et de chaux, l'argile calcinée.

On remédie au second inconvénient en recouvrant les argiles façonnées d'un enduit vitrifiable, nommé *émail*, *vernis*, *couverte*, qui les rend entièrement imperméables aux liquides. Les principales matières employées comme vernis sont : le feldspath, les ponces, le sel marin, les alcalis, l'acide borique, le phosphate de chaux, le sulfate de baryte, les silicates de plomb, l'acide stannique, les sulfates métalliques, les oxydes de plomb, de manganèse, de fer, de cuivre.

Les vernis transparents sont produits par des corps alcalins et vitreux, par le feldspath, l'oxyde de plomb. Les vernis opaques s'obtiennent au moyen de l'acide stannique ou du phosphate de chaux. Les vernis colorés se font en ajoutant aux vernis transparents ou opaques des oxydes ou des sulfures métalliques.

Toute poterie nécessite donc pour sa confection l'emploi d'une *argile* et d'une *substance dégraissante* qui, par leur mélange, ser-

vent à former la pâte destinée à façonner l'objet; et, presque toujours, en outre, celui d'un *vernis* ou *couverte* destiné à l'imperméabiliser et à rendre en même temps sa surface plus polie et plus agréable à l'œil.

Avant d'aller plus loin, il est bon de savoir que le mot *poterie*, dérivé du latin *potum*, nom du vase à boire, ne désigne plus seulement dans nos langues modernes les vases qui servent à renfermer des liquides ou à cuire des aliments, mais encore toute pâte argileuse cuite, qu'elle qu'en soit la destination industrielle ou artistique, depuis les produits le plus grossièrement fabriqués, tels que briques, tuiles, pots à fleur, conduites d'eau, etc., jusqu'aux objets d'ornement les plus précieux, tels que terres cuites fines, vases étrusques, porcelaines, etc.

Toutes les poteries connues peuvent être classées ainsi qu'il suit :

1re Classe : Poteries à pâte tendre et poreuse après la cuisson.	*Poteries mattes, ordinairement sans vernis ou glaçure* (terres cuites, briques, tuiles, carreaux, tuyaux de conduite, de drainage, pots à fleur, réchauds, fourneaux portatifs, formes à sucre, alcarazas, creusets, etc). *Poteries communes vernissées grossières* (poêlons, vases de cuisine, etc). *Poteries communes émaillées ou à couverte opaque* (faïence commune ou italienne).
2e Classe : Poteries à pâte dure, demi-vitrifiée et par suite imperméable.	*Poteries de grès* (grès cérames communs et fins). *Poteries fines blanches ou à couverte transparente* (faïence fine ou anglaise, cailloutage, terre de pipe, etc.). *Porcelaines*.

Poteries mates. — Les *briques* ordinaires pour les constructions, les *tuiles*, les *carreaux* d'appartement, et autres *terres cuites* sans vernis, sont fabriqués avec des argiles figulines, des terres glaises, des marnes argileuses, auxquelles on ajoute du sable, quand elles sont trop grasses ou plastiques, ou des cendres de houille tamisées quand elles sont trop maigres, ainsi que cela se pratique avec les terres du département du Nord.

Le mode de fabrication est assez simple; prenons les briques comme exemple.

On abandonne le plus habituellement à l'air pendant quelque temps l'argile extraite du sol; on en sépare à la main les matières

étrangères : cailloux, débris de racines, etc. ; puis on l'introduit dans une fosse avec de l'eau, de manière à la convertir en bouillie épaisse; on rend celle-ci homogène par le marchage, c'est-à-dire en la faisant piétiner par des hommes à pieds nus; quelquefois on malaxe la pâte dans des tonneaux à l'aide de couteaux diviseurs.

On façonne ensuite les briques, tantôt à la main, dans des cadres rectangulaires en bois, saupoudrés de sable, tantôt avec des machines qui en moulent de très-grandes quantités à la fois. On les laisse sécher à l'air lentement pour éviter le fendillement, et on les cuit dans des fours avec du bois ou autres combustibles de peu de valeur, ou, suivant la méthode flamande, on les dispose en tas considérables sous la forme d'un prisme à base carrée, en ménageant dans l'intérieur, de distance en distance, des espaces ou fourneaux qu'on remplit de houille menue, et laissant à la partie infé-

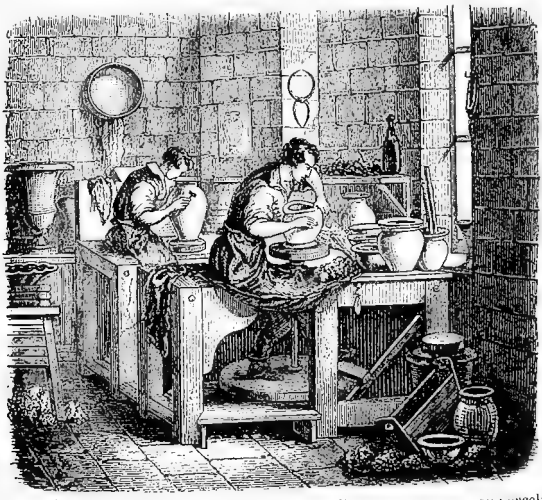


Fig. 74. — Ébauchage et tournassage de la pâte argileuse pour faïence ou porcelaine.

rieure des carneaux où l'on place le bois qui doit allumer le charbon de terre. Le feu dure de huit à quinze jours.

Les briques perdent en cuisant un quart de leur poids, et par le

retrait, 4 à 5 pour 100 de leur longueur. Elles acquièrent une couleur rouge plus ou moins foncée, suivant la proportion d'hydrate de fer contenu primitivement dans l'argile. Vous vous rappelez, sans aucun doute, que le protoxyde de fer hydraté, qui est jaune, perd son eau à une température élevée, devient anhydre et de couleur rouge.

Les briques employées pour la construction des fourneaux, les creusets qui doivent supporter une forte chaleur sont confectionnés avec des argiles plastiques très-réfractaires, qu'on soumet à la lévigation et qu'on dégraisse avec une forte proportion de ciment de brique cuite ou de débris de creusets hors de service.

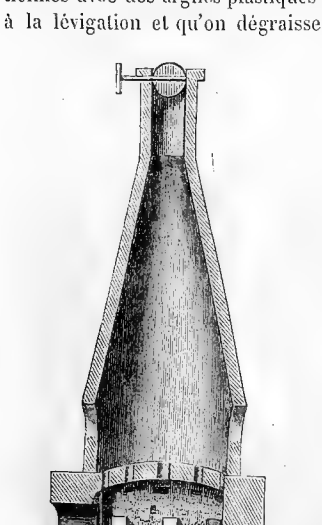


Fig. 75. — Four à faïence.

Poteries communes vernissées. — Les *poteries communes vernissées* sont fabriquées avec des argiles figulines auxquelles on ajoute une certaine quantité de marne et de sable. La pâte en est jaunâtre, rouge et quelquefois complétement noire. Je vous ai déjà dit qu'on la recouvre d'un vernis épais, translucide, incolore ou coloré, à base de plomb.

Faïence commune. — La *faïence commune ou italienne* est préparée avec une argile figuline plus ou moins calcaire, et dégraissée avec du sable ; on soumet la terre à des lavages; on la conserve en fosse pendant un certain temps, on la marche, on la divise en masse de 25 kilogrammes qu'on bat pour augmenter l'homogénéité, et on la façonne au tour (*fig.* 74) ou par moulage.

On opère la cuisson en deux fois dans un four à alandiers à deux étages (*fig.* 75); les pièces, placées dans des étuis ou *gazettes* en

Fig. 76. — Vernissage de la faïence par immersion.

argile réfractaire, sont mises dans le haut du four où la température élevée au rouge blanc les amène à l'état de *biscuit*. Après le défournement, on les passe lestement dans de l'eau tenant en suspension une poudre impalpable d'émail blanc et opaque, composé essentiellement d'oxydes de plomb et d'étain (*fig.* 76); on les sèche et on les soumet à une seconde cuisson dans la partie basse du four dont la chaleur fond l'émail et le fait adhérer au biscuit. Pour la faïence brune, on fait entrer dans la composition de l'émail un peu de bioxyde de manganèse.

Cette dernière résiste mieux au feu que la faïence blanche. Celle-ci sert principalement pour faire les carreaux émaillés, les poêles et les plaques de cheminée.

Malheureusement la faïence offre peu de résistance, et sa couverte est sujette à tressaillir, souvent même à se fendiller et à se détacher en écailles; on remédie à ce défaut en donnant à la pâte

plus de fusibilité par l'addition de matières calcaires ou alcalines[1].

Faïence fine. — La *faïence fine* à couverte transparente diffère essentiellement de la précédente, parce que la pâte en est dure, fine, sonore, et qu'elle est préparée avec des argiles plastiques de belle qualité, ne se colorant pas au four et pouvant supporter une haute température. Sa couverte est plus ou moins dure, transparente ou translucide. Le façonnage est très-soigné, les pièces sont minces et légères.

Il y a trois variétés bien distinctes de cette sorte de poterie :

1° La plus ancienne, porte le nom de *terre de pipe;* sa pâte se compose d'argile, de sable, d'un peu de craie ou de frite alcaline, et sa couverte est formée de sable, de feldspath, de soude et d'oxyde de plomb. Elle ne va pas au feu, et son vernis, trop tendre, se laisse entamer par les couteaux; aussi contracte-t-elle facilement une mauvaise odeur.

Les *pipes* sont fabriquées avec les mêmes terres, mais elles ne sont pas cuites à une température aussi élevée et elles ne reçoivent pas de couverte.

2° Une seconde variété, nommée *terre anglaise* ou *cailloutage*, n'est essentiellement composée que d'argile plastique et de silex réduit en poudre impalpable. La pâte est plus cuite et la couverte est moins plombeuse.

3° Enfin, une troisième variété créée, en 1765, par le célèbre Wedgwood, admet dans la composition de sa pâte une certaine quantité de kaolin, et dans sa couverte de l'acide borique. Elle

[1] C'est chez les Persans et les Arabes que paraît avoir été inventée la faïence stannifère, qui ne fut connue en Europe que vers le dixième siècle. Des ouvriers maures ou espagnols, tenant leurs procédés des Arabes, venus des Iles Baléares en Italie, l'introduisirent dans cette région au commencement du quinzième siècle, vers 1415, à peu près à l'époque où le sculpteur Luca della Robbia, de Florence, fit ses figures et bas-reliefs en terre cuite et les empâta dans un émail d'étain. C'est à cette époque qu'elle reçut le nom de *Majolica*, par corruption du mot *majorica*, Mayorque, île qui possédait depuis longtemps des fabriques importantes de cette sorte de poterie. Le mot *faïence* vient, non de Faenza, ville de Romagne, comme on le croit généralement, mais de *Fayence*, petit bourg de Provence, dans le diocèse de Fréjus, l'un des premiers endroits de l'empire où l'on ait fabriqué cette poterie, et dont les ateliers avaient déjà de la réputation avant les grandes manufactures créées par Henri IV, à Paris Nevers et à Brisambourg, en Saintonge.

est bien supérieure en qualité aux précédentes; c'est l'*iron-stone* des Anglais, et ce qu'on appelle chez nous *porcelaine opaque*. Les nombreux établissements du Staffordshire, qui occupent plus de soixante mille ouvriers, en exportent pour plus de 30 millions de francs.

En France, les principaux centres de fabrication des faïences fines sont Sarreguemines, Montereau, Creil, Chantilly, Choisy, Gien, Bordeaux, etc., qui livrent au commerce à peu près les mêmes produits : assiettes, bols, plats, tasses à déjeuner, à thé, à café.

Les *grès* constituent un genre de poterie dure, opaque, sonore, à grain fin, de couleur variable, qui est imperméable sans le secours d'aucun vernis, si bien que nombre d'objets, d'un usage permanent, sont habituellement livrés au commerce sans avoir reçu de glaçure ou de couverte; tels sont, entre autres, les bombonnes et tourilles, les jarres pour salaison, les pots à beurre, les fontaines, les cruches, les terrines communes, les tuyaux de conduite d'eau et de gaz, les cornues, les tubes de chimie, les pots à encre, etc., qui sortent principalement des fabriques de Beauvais.

Ces grès communs sont faits avec des argiles plastiques non lavées, dégraissées par du sable quartzeux ou du ciment de brique, et parfois additionnées de craie pour leur communiquer un peu de fusibilité.

Certains grès, auxquels on veut donner un aspect plus agréable, reçoivent une couverte faite simplement avec des scories de forge, de la ponce et autres produits volcaniques très-fusibles.

Les *grès blancs*, ainsi nommés à cause du vernis blanc jaunâtre qui les recouvre, ont une couverte composée d'argile blanche, de silex et de feldspath broyé. C'est avec eux qu'on confectionne les bouteilles à eaux gazeuses, les cruchons à cidre mousseux, les cruches à bière, les terrines pour les laboratoires de chimie et les teinturiers, etc.

Des grès de fabrication plus soignée servant de vases à fleurs de toutes formes, de pots à tabac, de canettes, etc., sont revêtus d'un lustre qui laisse à la pâte sa couleur brune. On le produit en projetant du sel marin humide dans les fours, quand le degré de cuisson est à peu près atteint. Je vous ai déjà parlé de cette pra-

tique[1], et vous devez vous souvenir que l'enduit vitreux, mince et très-adhérent qui se forme de la sorte à la surface des pièces est un silicate et un aluminate de soude.

Les grès fins qui ont une destination artistique ont pour pâte un mélange d'argile plastique purifiée, de kaolin et de feldspath, qu'on colore avec des oxydes métalliques et qu'on recouvre d'une glaçure vitro-plombeuse. C'est Wedgwood qui a perfectionné cette sorte de poterie, à laquelle on donne de riches décorations et qu'on transforme souvent en véritables chefs-d'œuvre de goût.

La cuisson de tous ces grès différents s'opère presque toujours en une seule opération, à une température très-élevée (120° du

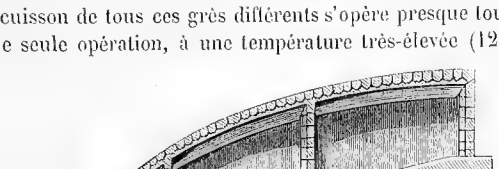


Fig. 77. — Four à grès commun des environs de Beauvais.

pyromètre de Wedgwood), et dure parfois huit jours. Les fours ont la forme d'un demi-cylindre couché, à sole horizontale ou inclinée, comme on le voit dans la figure 77.

Porcelaine. — La *porcelaine*[2], la plus belle de toutes les poteries, a pour base le *kaolin*, argile blanche très-pure, qui provient de la décomposition du feldspath, ou plutôt des roches primitives

[1] Voir *seconde année du Cours*, p. 248.

[2] La porcelaine est d'origine chinoise ; elle était déjà connue du temps des Han, 163 ans avant Jésus-Christ, mais les vases en cette matière ne devinrent communs que sous la dynastie des Souï, de 581 à 618 après l'ère chrétienne. Les célèbres fours de King-te-Tchin, situés à l'est du lac Payang, au nombre de 3000, qui occupent un million d'ouvriers, ne furent pas établis avant l'an 1000. C'est en 1518, un an après la découverte des côtes de la Chine par le portugais Fernand d'Andrada, qu'on vit apparaître pour la première fois en Europe la porcelaine du Céleste-Empire. Le mot *pourcelaine*, devenu plus tard *porcelaine*, dérive évidemment de *porcellana* ou plutôt *porcolana* qui, en portugais, signifie tasse, écuelle ou autre vaisselle de terre. — On se servit pendant bien longtemps de cette nouvelle poterie sans en connaître la nature ; c'est seulement en 1709 que Frederick Bœttger, alchimiste attaché à Auguste Ier, électeur de Saxe, parvint, après plusieurs années d'essais, à fabriquer de la porce-

composées de feldspath, de quartz et de mica (granite, gneiss, pegmatite, etc.); aussi la trouve-t-on dans les carrières, mêlée avec ces roches réduites par la désagrégation à l'état de sable. Il en existe de vastes dépôts en Chine, en Saxe, en Russie, en Angleterre et en France, notamment à Saint-Yrieix (Haute-Vienne), aux Pieux, près Cherbourg, à Louhossoa (Basses-Pyrénées), etc. Par la lévigation de ces feldspaths altérés, on sépare le sable et le mica de l'argile blanche et très-fine qu'on met en pains ou blocs carrés, dont on opère ensuite la dessiccation au soleil.

On ajoute toujours au kaolin du sable comme matière dégraissante et du feldspath pour faire éprouver à la pâte un commencement de fusion et la rendre translucide. Les proportions des matières premières varient suivant les qualités de porcelaine que l'on veut obtenir. Voici les dosages adoptés à la manufacture impériale de Sèvres et dans les établissements de Paris :

	Pâte de Sèvres pour la porcelaine de service.	Pâte de Sèvres pour la porcelaine à sculpture.	Pâte de Paris pour la porcelaine de service.
Kaolin lavé.	64	62	»
Kaolin caillouteux.	»	»	80
Craie de Bougival.	6	4	»
Sable d'Aumont.	20	17	»
Petit sable feldspathique. .	10	»	»
Feldspath quartzeux.	»	17	20

Avant de mettre la pâte en œuvre, on la marche ou on la malaxe de nouveau à la main, on la comprime fortement pour en faire des boules qu'on lance avec force contre la table de travail, afin d'en expulser les gaz que la pourriture a développés dans la masse.

C'est après toutes ces opérations préliminaires qu'on procède au façonnage de la pâte, soit au moyen du tour à potier, soit par moulage, ou enfin par coulage. Les pièces humides sont abandonnées pendant quelques jours à une dessiccation spontanée, puis

laine en tout semblable à celle de la Chine et du Japon, et à fonder la première manufacture de ce genre en Europe, dans la petite ville de Meissen, sur les bords de l'Elbe. En France, Réaumur, à la suite de longues recherches commencées en 1729, découvrit de son côté le procédé de fabrication de la porcelaine tendre, et le chimiste Macquer établit à Sèvres en 1769, la fabrication de la porcelaine dure pareille à celle de Saxe, en se servant du kaolin qui venait d'être trouvé à Saint-Yrieix, près de Limoges.

mises en *gazettes* et portées dans la partie supérieure d'un four en activité pour y éprouver une demi-cuisson qui les dessèche complètement et leur fait prendre une certaine consistance, tout en

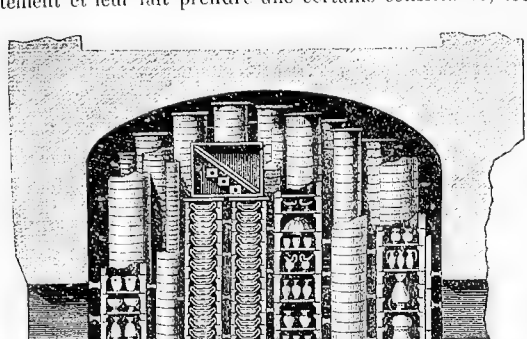


Fig. 78. — Pièces mises en gazettes pour éprouver le *dégourdi* dans le four à porcelaine.

leur laissant une grande porosité (*fig.* 78). Cet état est connu sous le nom de *dégourdi*.

C'est alors qu'on applique la couverte ou vernis par immersion, comme pour les faïences. Elle se compose uniquement d'une roche feldspathique, nommée *pegmatite*, et qui n'est autre chose que du feldspath naturellement associé à du quartz en quantités à peu près égales. On la réduit en poudre fine et on la délaye dans de l'eau dont on a augmenté la densité par un peu de vinaigre. Cette roche fond à une température un peu inférieure à celle qui est nécessaire pour la cuisson de la pâte ; elle peut donc, une fois liquéfiée, s'étendre également à la surface des pièces et y adhérer fortement sans les pénétrer, en y formant une simple *glaçure*.

Lorsque les pièces, au lieu d'avoir été seulement *dégourdies*, ont été cuites à une haute température, elles ne peuvent plus être mises en couverte par voie d'immersion, parce qu'elles n'ont plus la porosité suffisante; dans ce cas, on applique le vernis soit au pinceau, soit par arrosement ou saupoudrage.

Les fours à cuire sont beaucoup plus grands que pour les autres poteries; ils sont ordinairement à deux ou trois étages (*fig.* 79). Dans l'étage supérieur, où la température est beaucoup moindre (60° du pyromètre de Wedgwood), on donne le *dégourdi;* les deux étages inférieurs donnent le *grand feu* ou la cuisson définitive de la porcelaine vernissée (135 à 150 du même pyromètre). Ces fours à alandiers sont habituellement chauffés avec du bois de tremble ou de bouleau très-sec, qui a, au moins, trois ou quatre ans de coupe. Quand on chauffe à la houille, on augmente le nombre des alandiers ou foyers. La cuisson dure, terme moyen, 30 heures, c'est-à-dire 16 à 18 heures de petit feu et 10 à 12 heures de grand feu. On ne défourne les pièces qu'au bout de 8 jours, après avoir fermé avec de la terre glaise toutes les ouvertures afin que le refroidissement s'opère aussi lentement que possible.

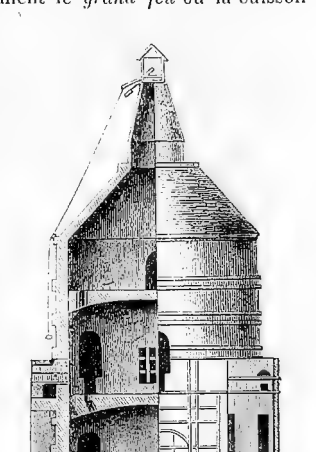


Fig. 79.—Four à porcelaine, moitié en coupe, moitié en élévation.

Indépendamment de la *porcelaine dure,* dont je viens de parler, et qu'on fabrique en Chine, au Japon, en Saxe, à Sèvres, à Limoges, à Paris, à Bayeux, dans le Cher, l'Allier et la Nièvre, il y a ce qu'on appelle la *porcelaine tendre,* ainsi nommée parce qu'elle ne peut supporter une température aussi élevée que la première. C'est celle qu'on a fabriquée d'abord en Europe. Il y en a deux sortes distinctes :

1° La *porcelaine tendre anglaise* ou *naturelle,* dont la pâte est formée d'un mélange de phosphate de chaux, d'argile, de silex et de kaolin, et dont la couverte se compose d'alcali, de borax, de minium et de sable. Le type de cette porcelaine se trouve dans

les produits de Chelsea. Elle reçoit, comme la porcelaine dure, une décoration très-riche et très-variée; elle se vend rarement blanche, car la pâte et l'émail ont de nombreux défauts; le principal, c'est de ne pouvoir, sans de grands ménagements, être mise en contact avec des liquides chauds.

2° La *porcelaine tendre française*, plus connue sous le nom de *Vieux-Sèvres*, parce qu'elle y fut fabriquée de 1750 à 1804. Sa pâte se compose d'une frite alcaline que l'on cuit à une haute température avec un mélange de marne argileuse et de craie. Cette pâte cuit blanc et devient translucide. Sa couverte est un silicate double de plomb et de potasse; comme elle est très-fusible, elle s'incorpore beaucoup mieux que toutes les autres les couleurs minérales qu'on y ajoute et prend un brillant uniforme.

Ce qui fait le mérite du *Vieux-Sèvres*, c'est non seulement le vif éclat des couleurs, mais aussi le fini et le gracieux de ses formes. Depuis une vingtaine d'années, on a repris avec succès, à Sèvres, la fabrication de la porcelaine tendre. On en fabrique aussi à Saint-Amand (Nord) et à Tournay (Belgique); mais là on ne fait que des articles communs, qui ne vont pas au feu, notamment les tasses à café, la vaisselle des restaurateurs, qui ont une grande ténacité et résistent même à des chocs violents sans se briser.

Les porcelaines sont fréquemment ornées de dorures, de magnifiques couleurs d'une ou de plusieurs nuances, et même de peintures délicates d'un grand éclat qui rivalisent avec celles qu'on étend sur les toiles.

Les matières colorantes employées sont généralement des oxydes métalliques qu'on associe à des fondants et qu'on applique sur les pâtes blanches déjà cuites et vernies.

Les fondants sont le quartz, le feldspath, le borax ou l'acide borique, le nitre, les carbonates alcalins, le minium et la litharge, l'oxyde de bismuth.

Quant aux couleurs, les unes, devant subir, sans être modifiées dans leurs nuances, la haute température du four à porcelaine, ce qui les fait appeler *couleurs de grand feu*, sont en très-petit nombre. Ce sont : le bleu d'oxyde de cobalt, le vert de chrome, les bruns de fer et de manganèse, les jaunes de titane, les noirs d'urane, le rouge de protoxyde de cuivre.

D'autres couleurs, beaucoup plus variées, ne pouvant être soumises qu'à une chaleur rouge, qui n'atteint pas le point de fusion de l'argent, sont désignées sous le nom de *couleurs de moufle*, parce qu'on les cuit dans des espèces de fourneaux à moufle, en fonte ou en terre cuite (*fig.* 80), chauffés généralement au bois.

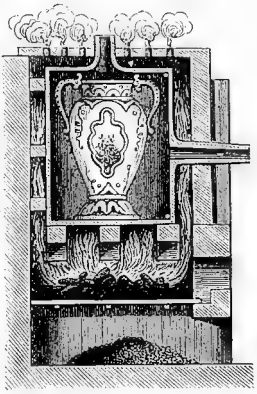


Fig. 80.— Four à moufle pour la cuisson des couleurs sur porcelaine.

Les oxydes qui servent dans ce cas, sont, outre les précédents : le bioxyde de cuivre pour certains verts, le sesquioxyde d'urane, le chromate de plomb, le sesquioxyde de fer, l'antimoniate de potasse en mélange avec des oxydes de plomb, de zinc et d'étain pour les jaunes, le sesquioxyde de fer pur pour les rouges, le pourpre de Cassius pour les violets et les roses, l'émail ordinaire pour les blancs, etc. Les fondants, pour ces couleurs de moufle, sont plus fusibles que ceux des couleurs de grand feu ; ce sont presque toujours des boro-silicates de soude et de plomb.

Pour peindre avec ces couleurs, on les mêle intimement avec le fondant, puis on les broie à la molette sur une plaque de verre dépoli, avec de l'essence de térébenthine ou de lavande épaissie à l'air, afin de pouvoir les appliquer au pinceau.

La dorure de la porcelaine se fait au moyen de l'or très-divisé qu'on obtient en précipitant la dissolution de sesquichlorure de ce métal par une dissolution excessivement faible de couperose. La poudre grise obtenue est mélangée avec de l'oxydé de bismuth et du borax, qu'on broie avec de l'essence et qu'on applique ensuite au pinceau sur les pièces vernissées. Au sortir de la moufle, l'or a un aspect métallique mat ; on lui donne le poli et le brillant au moyen du brunissoir.

La décoration des porcelaines comporterait bien d'autres détails, dans lesquels je ne puis entrer. Cette partie de l'industrie céramique nécessite le concours simultané du chimiste et de l'artiste ;

c'est certainement en France, notamment à Sèvres et à Paris, qu'elle atteint à son plus haut degré de perfection.

IV. — COMPOSÉS DU SILICIUM.

De même que dans la deuxième année du Cours, j'ai rapproché les composés du silicium de ceux de l'aluminium, en raison de leurs analogies ; de même ici, après vous avoir parlé de l'*art céramique*, je vais immédiatement vous présenter un aperçu de l'*art du verrier*. Ces deux grandes industries chimiques rivalisent entre elles par la variété, l'importance et l'absolue nécessité de leurs produits pour l'homme civilisé.

Art du verrier. — Les verres, vous devez vous en souvenir, sont des mélanges complexes de divers silicates : les uns fusibles (silicates de potasse, de soude, de plomb), les autres infusibles (silicates de chaux, de magnésie, d'alumine, d'oxyde de fer). La fusibilité de ces mélanges varie avec les proportions relatives des deux genres de silicates associés.

Dans tous les cas, exposés à la chaleur du rouge blanc, ils donnent tous un liquide assez fluide qui, avant de reprendre l'état solide, offre par un refroidissement gradué, différents degrés de mollesse et de plasticité, à l'aide desquelles on peut lui imprimer des formes qu'il conserve par son retour à la température ambiante. C'est surtout au rouge cerise que se manifeste le mieux cette malléabilité qui permet de façonner une masse vitreuse aussi aisément qu'on le fait avec la cire ou avec une pâte argileuse.

C'est cette propriété, jointe à une résistance assez grande à l'action des divers agents physiques et chimiques, qui font du verre une matière si précieuse, puisqu'on en fait à volonté des ustensiles de ménage de toutes sortes, des vases à conserver les liquides, des feuilles minces pour clore nos demeures sans intercepter la lumière, des plaques métallisées d'un côté pour la toilette ou pour l'ornementation, des phares pour diriger la marche des navires au milieu de la nuit, des instruments précieux sans lesquels l'astronomie, la physique et la chimie n'auraient pu progresser.

Je vous ai indiqué antérieurement[1] les diverses sortes de verres qui servent à ces applications et vous avez déjà une idée des matières premières employées à leur fabrication. J'ai à compléter ces renseignements.

Les verres peuvent être répartis en deux groupes d'après la nature des silicates qui les composent essentiellement :

1° Les verres à base alcalino-terreuse (verres à vitres, à glaces, à gobeleterie, à bouteilles, verre de Bohème, crown-glass);

2° Les verres à bases alcalino-métalliques (cristal, flint-glass, strass, émail).

Le tableau suivant vous montre les proportions relatives en poids des principes constituants des uns et des autres :

	VERRE A VITRES	VERRE A GLACES.	VERRE A BOUTEILLES.	VERRE DE BOHÊME.	CROWN-GLASS.	CRISTAL.	FLINT-GLASS.	STRASS.	ÉMAIL.
Silice.	69,65	76,00	45,6	76,0	62,8	61.0	42,5	38,2	31,60
Potasse.	»	»	6,1	15,0	22,1	6,0	11,7	7,8	8,50
Soude.	15,22	17,50	»	»	»	»	»	»	»
Chaux.	13,31	5,75	28,1	8,0	12,5	»	0,5	»	»
Alumine.	1,82	2, 5	11,0	1,0	2,0	»	1,8	1,0	»
Oxyde de fer. .	»	»	6,2	»	»	»	»	»	»
— de manganèse.	»	»	»	»	0.6	»	»	»	»
— de plomb. .	»	»	»	»	»	53,0	43,5	53,0	50,50
Acide stannique.	»	»	»	»	»	»	»	»	9,80
	100,00	100,00	100,0	100,0	109,0	100,0	100,0	100,0	100.00

Voyons maintenant comment on fabrique ces diverses espèces de verre.

La formation du verre, quelle qu'en soit la nature, s'opère toujours à peu près de la même manière. Les matières premières sont réduites en poudre fine, mêlées avec soin, additionnées le plus généralement de débris ou rognures de verre semblable à celui qu'on prépare, et soumises à une première calcination, nommée *fritte*, qui a pour but de chasser l'eau d'interposition et de commencer la combinaison des diverses substances réunies.

[1] Voir *la seconde année du Cours*, page 508.

La masse frittée, portée au rouge, est alors introduite dans les pots ou creusets de fusion III, en terre réfractaire excellente, placés dans un four circulaire M avec arches NN (*fig.* 81), où la tempéra-

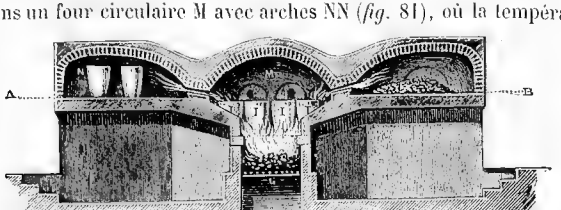


Fig. 81. — Four de verrerie M avec creusets III, et arches NN servant à la fritte et à la dessiccation des creusets neufs.

ture est maintenue au rouge vif, soit au moyen du bois, soit avec la houille. Dans ce dernier cas, les creusets sont couverts et présentent la forme d'une cornue à col très-court (*fig.* 82), dont l'ouverture antérieure débouche hors du four ; cette disposition est prise pour empêcher la fumée de s'introduire dans les creusets, parce qu'elle colorerait la masse vitreuse en fusion. Les grands creusets contiennent ordinairement 500 à 600 kilogrammes de matière.

Fig. 82. — Creuset de verrerie pour les fours à la houille.

Quand le verre est en complète fusion et qu'il n'apparaît plus de bulles, on l'écume pour enlever les substances salines étrangères, désignées sous le nom *de fiel de verre*, qui viennent nager à la surface ; puis on le travaille quand la température du four s'est abaissée de manière à donner à la masse vitreuse la consistance pâteuse requise pour le soufflage ou le moulage. La fonte et l'affinage durent de douze à vingt-quatre heures.

Les réactions chimiques qui s'accomplissent dans l'intérieur des creusets, entre les matières premières, sont simples, mais varient nécessairement avec la nature de celles-ci. L'acide silicique qui tend à former, à cette haute température, des silicates fusibles et très-stables, s'empare des bases des carbonates, de sorte qu'il se dégage de l'acide carbonique. — Lorsque le sel de soude est remplacé par un mélange de sulfate de soude et de charbon, il y

a production d'acide sulfureux, d'oxyde de carbone et d'acide carbonique. — Lorsqu'il y a du minium, cet oxyde perd de l'oxygène, repasse à l'état de protoxyde, qui sature une portion de la silice, tandis que l'oxygène mis en liberté brûle les matières organiques que la potasse ou le sable pouvaient renfermer.

Tous ces gaz qui apparaissent ainsi aux diverses époques de la fusion, produisent un effet mécanique fort utile; ils opèrent le brassage de la masse vitreuse et la rendent plus homogène.

Lorsque les sables qu'on emploie sont très-ferrugineux, l'oxyde de fer réduit sous l'influence du charbon, forme un silicate de protoxyde qui donne au verre une teinte verte très-foncée. On le blanchit en transformant le protoxyde de fer en sesquioxyde, qui forme un silicate à peine coloré. On emploie, dans ce but, le peroxyde de manganèse qui porte, à cause de cet usage, le nom de *savon des verriers*. On a soin seulement de n'en pas mettre en excès, parce qu'il donnerait au verre une teinte violette.

L'acide arsénieux remplace fort souvent le peroxyde de manganèse, et agit comme oxydant. Lorsque le four fume, le verre prend une teinte jaune, à cause du charbon qui s'y interpose; un peu d'acide arsénieux la fait disparaître en brûlant le charbon par son oxygène. De plus, cet acide facilite l'affinage du verre, car l'agitation qu'il imprime à la masse fondue, pour se volatiliser, favorise la sortie des bulles gazeuses qui, sans cela, persisteraient et rendraient le verre défectueux.

Quant aux matières qui ne peuvent pas fondre complétement, ou qui sont étrangères à la constitution du verre, tels que sulfates de soude et de chaux, sel marin, substances insolubles, elles se séparent peu à peu, montent à la surface de la masse fondue sous forme d'écumes qu'on enlève avec des outils en fer; ce sont elles qui composent le *fiel de verre* des ouvriers.

Le façonnage du verre affiné varie avec les destinations qu'il doit recevoir. Il est bien difficile de vous exposer en peu de mots, d'une manière satisfaisante, toute cette partie technique et purement manuelle de l'art. Ce n'est qu'en voyant travailler les compagnons verriers qu'on peut se faire une idée de la facilité avec laquelle on donne à la masse pâteuse, rouge de feu, les formes les plus diverses, feuilles, plaques, bouteilles, gobelets, carafes,

coupes, etc. Je me bornerai à quelques renseignements généraux.

Devant chaque creuset se trouve un pont sur lequel se tient le maître verrier, armé d'une *canne* avec laquelle il accomplit presque tous ses travaux. Cette *canne* n'est autre chose qu'un long tube de fer, creux, dilaté aux deux extrémités et garni en dehors, vers le bout antérieur *b* (*fig.* 83), d'un cylindre de bois *c*, *d*, qui permet de manier l'outil sans se brûler.

Fig. 83. — Canne de verrier.

Si ce sont des *vitres* qu'il s'agisse de produire, l'ouvrier, après avoir plongé le bout *a* ou le *nez* de sa canne dans le creuset pour

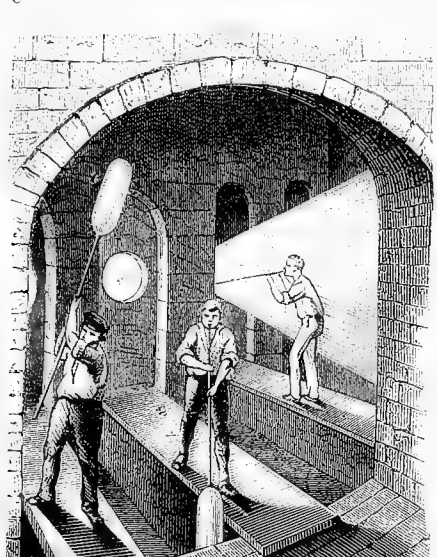


Fig. 84. — Intérieur d'un atelier où des ouvriers soufflent le verre.

y *cueillir* la quantité de verre nécessaire à la confection de sa pièce, forme avec cette masse pâteuse un sphéroïde en soufflant

dans la canne, tout en lui imprimant un mouvement de va-et-vient, comme celui d'un battant de cloche. Le sphéroïde s'allonge de plus en plus par son propre poids et, à l'aide de soufflages répétés, il prend la forme d'un cylindre terminé en calotte sphérique qu'on appelle *manchon*. La figure 84 vous représente plusieurs ouvriers exécutant ce travail.

Un cylindre étant fait, le souffleur le rapporte à l'ouverture du four, pour en ramollir le bout, et quand celui-ci est suffisamment chaud, on le perce avec une pointe de fer; le mouvement de

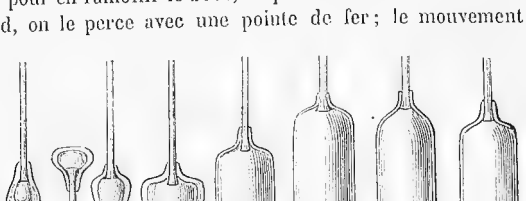


Fig. 85. — Formes successives d'une masse de verre fondu par l'effet du soufflage.

balancement imprimé à la canne agrandit l'ouverture dont on écarte de plus en plus les bords par le frottement rapide d'un outil en bois. La figure 85 vous montre les différentes formes que prend successivement dans les mains du souffleur la masse de pâte qu'il a enlevée du creuset.

Lorsqu'on veut détacher le cylindre de la canne, on touche le *nez* de celle-ci avec une tige de fer froide, et pour enlever la calotte du cylindre, on enroule sur lui un fil de verre très-chaud, puis on pose un fer froid sur la partie ainsi échauffée. On a de la sorte un manchon ouvert des deux bouts. On le fend dans sa longueur en promenant dans son intérieur, sur la même arête, une tige de fer rougie; en posant le doigt mouillé sur un des points chauffés, une fente très-nette se produit aussitôt (*fig.* 86).

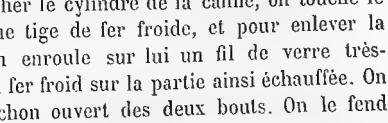


Fig. 86. — Manchons détachés de la canne, coupés par le bout et fendus longitudinalement.

Il ne s'agit plus que de porter ces manchons fendus dans un four pour les ramollir et les étendre en carreaux au moyen d'une tige de bois ; on aplanit la surface au moyen d'un rabot (*fig.* 87). Les vitres, ainsi formées, sont soumises au *recuit* dans une autre partie du four. La figure 88 montre la coupe verticale de ce four : A compartiment pour le recuit : B compartiment pour l'étendage. Quand le four est plein, on en porte la température au rouge sombre, on bouche toutes les ouvertures et on le laisse refroidir pendant plusieurs jours. Sans ce *recuit*, le verre se briserait spontanément.

Fig. 87. — Rabotage et aplanissement des manchons.

Pour les *glaces*, on ne souffle plus, si ce n'est encore à Venise et dans quelques villes d'Allemagne, où l'on se borne à produire

Fig. 88. — Four à étendre le verre en feuilles et à le recuire.

des miroirs communs de petites dimensions. On coule le verre fondu sur des tables de fonte ou de bronze et on passe dessus un rouleau de même nature pour étendre uniformément la matière à une épaisseur égale. La glace, encore rouge et à peine rigide, est poussée dans le four à recuire où elle reste plusieurs jours.

Chaque glace coulée a, en moyenne, de 6 à 8 mètres superficiels, sur une épaisseur de 10 millimètres, et un poids de 150 à 200 kilogrammes.

L'apprêt des glaces consiste : 1° à les *dégrossir à la ferrasse*, c'est-à-dire à user leurs surfaces avec du sable quartzeux humecté

et des lames de fer attachées à un cadre de bois; 2° à leur donner le *douci*, en les frottant l'une sur l'autre, en interposant entre elles d'abord du grès fin, puis de l'émeri assez gros; 3° à les *savonner*, c'est-à-dire à les frictionner l'une par l'autre avec de l'émeri en pâte, délayé dans l'eau et de plus en plus fin; 4° enfin à les *polir* et à les rendre transparentes, en les frottant avec des feutres garnis de colcothar aussi ténu que possible.

Pour ces diverses opérations mécaniques, chaque glace est fixée avec du plâtre sur une table de pierre; l'ensemble de ces opérations exige de 4 à 5 jours au moins.

Pour les bouteilles à vin, dont la couleur verdâtre est due au protoxyde de fer, on a recours au soufflage et au modelage dans des moules en bronze ou en terre (*fig.* 89); le fond est produit en appuyant, au centre de la base plate de la bouteille sortie du moule et retournée, l'un des angles d'une petite palette en tôle à manche de bois, pendant que l'ouvrier tourne sa canne dont l'embouchure s'appuie sur le sol (*fig.* 90); il en résulte ainsi un cône creux auquel on donne des dimensions variables; dans les bouteilles marchandes, il est tellement profond qu'elles contiennent un quart de moins de liquide que les bouteilles bourgeoises, bien que l'apparence extérieure soit la même.

Fig. 89. — Soufflage et moulage des bouteilles.

Fig. 90. — Formation du fond des bouteilles.

Pour le cordon, le souffleur, après avoir attaché sa canne au cul de la bouteille, enroule sur le col de celle-ci un peu de verre fondu puisé dans le creuset au moyen d'une tige de fer aplatie (*fig.* 91). Pour le cachet, c'est encore un peu de verre fondu qu'on dépose sur la pièce et qu'on imprime immédiatement avec une petite plaque de fer gravée, comme on le ferait avec la cire à cacheter. L'embouchure est ensuite façonnée avec une pince, pendant que le goulot est suffisamment ramolli.

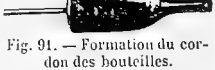


Fig. 91. — Formation du cordon des bouteilles.

Les bouteilles, une fois terminées, sont portées dans le four à recuire et y restent pendant 48 heures.

Les objets de gobeleterie, soit en verre, soit en cristal, sont soufflés ou moulés de la même manière. La figure 92 vous montre

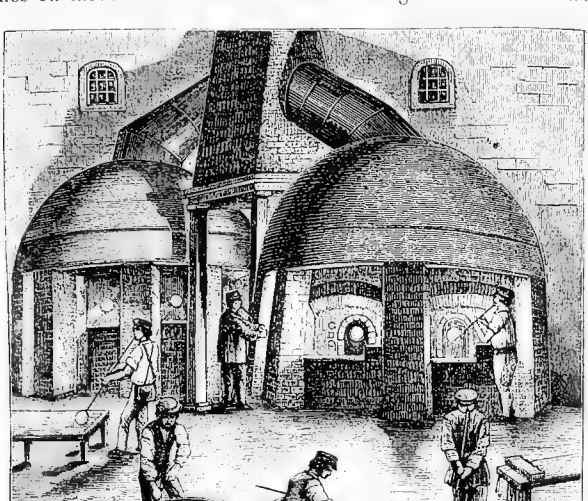


Fig 92. — Intérieur d'une cristallerie.

l'intérieur d'une cristallerie où des ouvriers soufflent, coulent et façonnent différentes pièces.

Coloration du verre. — Les verres de couleur sont de plusieurs sortes. Les uns sont *teints dans la masse*, en ajoutant à la pâte en fusion des oxydes métalliques qui s'y dissolvent totalement en lui donnant une couleur variable suivant leur nature. Ainsi, les *bleus* s'obtiennent avec l'oxyde de cobalt ;

Les *pourpres*, *violets* et *carmins* avec le pourpre de Cassius, le protoxyde de cuivre, le silicate de manganèse ;

Les *rouges*, *bruns rouges*, *bruns*, etc., avec le protoxyde de fer ;

Les *verts* avec le silicate de cuivre, l'oxyde de chrome, un mélange d'oxydes de cobalt, d'antimoine et de chlorure d'argent ;

Les *jaunes* avec l'oxyde d'urane, le chromate de plomb, certaines combinaisons d'argent, des mélanges d'oxydes d'antimoine et de plomb, le noir de fumée ;

Les *noirs*, *gris*, etc., avec les oxydes de manganèse, de cobalt et de fer.

Il ne faut généralement que quelques centièmes de ces principes colorants pour donner à la pâte du verre ordinaire les teintes ci-dessus indiquées. Avec certains d'entre eux même, il est fort difficile d'obtenir des couleurs claires, transparentes, tant est intense leur pouvoir tinctorial; tel est le cas de l'oxyde de cobalt, par exemple.

C'est pour éviter cet inconvénient qu'on a imaginé les *verres doubles*, *plaqués* ou à *deux couches*, c'est-à-dire des verres qui n'offrent de coloration que sur l'une de leurs faces. On les obtient très-facilement en plongeant dans une masse de verre fondu, coloré d'une nuance déterminée, la canne du verrier qui sert au soufflage et qui porte à son extrémité une quantité convenable de verre incolore ayant déjà une certaine consistance. En soufflant le tout sous forme de manchon, il est évident qu'on a deux feuilles superposées, l'intérieure incolore, l'extérieure colorée.

On fait même des verres à trois et à quatre couches superposées, dans le but d'enlever ensuite, au moyen de frictions opérées sur une meule recouverte de sable humide, une partie de chacune de ces couches, et de produire ainsi des effets de coloration très-variés.

C'est avec des verres ainsi colorés par les oxydes métalliques qu'on pratique deux industries artistiques fort importantes : la fabrication des pierres précieuses et la peinture sur verre.

La première, fort ancienne, puisqu'elle est d'origine égyptienne, s'exerce de nos jours avec une rare perfection au moyen du *strass*, ce cristal très-plombifère, qui sert à imiter le diamant, dont on lui donne la taille et la monture [1]. Au moyen de très-minimes quantités des oxydes colorants dont j'ai parlé précédemment, on en fait à volonté des topazes, des rubis, des saphirs, des émeraudes, des améthystes, etc., qui, une fois taillés et montés, rivalisent avec les gemmes naturelles dont ils portent les noms. La joaillerie des

[1] Le nom de *strass* donné au cristal en question rappelle celui de l'artiste allemand qui a inventé cette sorte de verre, à Paris, au commencement de ce siècle. On l'appela d'abord *base de Mayence*.

pierres précieuses factices de Paris est aujourd'hui la plus renommée dans toute l'Europe.

Quant à la peinture sur verre, dont les premiers essais datent du neuvième siècle de notre ère, et qui alla en se perfectionnant pendant les treizième, quatorzième et quinzième siècles, après lesquels elle fut délaissée, elle consiste à dessiner et à peindre sur la surface du verre incolore ou teint dans sa masse, absolument comme on peint et on dessine sur la porcelaine, au moyen de couleurs minérales, susceptibles de se vitrifier et pouvant, par la chaleur du four, se fondre plus ou moins complétement avec la surface du verre lui-même.

C'est ainsi qu'ont été et que sont encore fabriqués les vitraux peints qui ornent les croisées de nos églises. La face du verre sur laquelle est appliquée la peinture est placée à l'extérieur, de sorte qu'elle est vue par transparence à travers le verre coloré; les ombres sont posées du côté intérieur.

Les prétendus secrets de la peinture sur verre n'ont jamais été perdus, et nos artistes verriers composent avec une perfection que n'ont jamais atteint les vieux peintres verriers français du quinzième siècle.

Bleu d'azur. — Parmi les verres de couleur, il en est un qui a reçu dans l'industrie d'intéressantes applications. Après l'avoir réduit en poudre fine, on s'en sert pour donner une teinte azurée au linge, aux différents tissus, à la pâte du papier, comme poussière à sécher l'écriture, comme couleur d'application à l'huile et pour le badigeonnage, enfin pour colorer les verres, les émaux et toutes les matières céramiques. C'est un silicate double de potasse et d'oxyde de cobalt, qui porte dans le commerce les noms d'*azur*, de *smalt*, *bleu d'azur*, *bleu de Saxe*, *verre de cobalt*, etc.

Cette belle couleur minérale, découverte vers le milieu du seizième siècle, par un verrier saxon nommé Christophe Schüiver, est préparée en grand en Saxe, dans la Hesse, en Silésie, en Suède, en Norwège. On grille les minerais de cobalt (arséniure, $CoAs^2$ et sulfo-arséniure, CoS^2+CoAs^2), on y ajoute du quartz ou du sable, et on fond ce mélange, nommé *safre*, avec de la potasse dans un fourneau de verrerie (*fig.* 93). Lorsque la fusion est complète, on projette brusquement dans de l'eau froide

le liquide pâteux rouge de feu, ce qui en amène la solidification instantanée, sous forme de parcelles plus ou moins ténues [1]. On fait ensuite passer celles-ci sous des meules horizontales, et la pou-

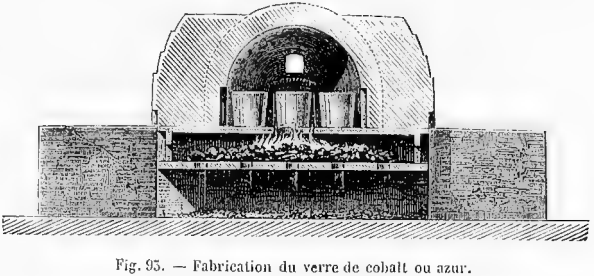


Fig. 93. — Fabrication du verre de cobalt ou azur.

dre obtenue est soumise à la lévigation pour avoir divers degrés de finesse qu'on distingue par les noms d'*azur de premier*, de *second*, de *troisième*, de *quatrième feu*. Leur prix est d'autant plus élevé que leur ténuité est plus grande et leur couleur plus pure.

Émaux. — Quant aux émaux dont il a déjà été question plusieurs fois, ce sont des verres opaques ou transparents, incolores ou colorés, qu'on applique par la fusion sur les diverses poteries, la faïence et les métaux, principalement sur l'or, l'argent et le cuivre.

Ils consistent en silicates de soude, de plomb et d'étain, au milieu desquels se trouve interposé du stannate de plomb non vitrifié qui donne à la masse l'aspect blanc de lait et l'opacité qui distinguent surtout l'émail de la faïence, des cadrans de pendule et de montre, des échelles de thermomètres, etc.

L'émail blanc entre dans la fabrication des verres doublés ou triplés. Les abat-jour des lampes sont ordinairement en cristal

[1] Les pierres siliceuses trop dures pour être broyées directement, telles que le quartz, les silex ou cailloux des cravières, les roches feldspathiques, etc., sont toujours réduites à un état fragmentaire par leur immersion dans l'eau froide, alors qu'elles ont été chauffées jusqu'au rouge blanc; le refroidissement instantané, causé par cette sorte de *trempe*, détermine dans la masse entière des fissures ou des écartements, souvent même une division en fragments irréguliers qui rendent plus facile l'action ultérieure du pilon ou du bocard. Cette opération préliminaire s'appelle *étonnement*

doublé d'émail. On s'en sert encore pour recouvrir intérieurement la poterie de fer.

La coloration des émaux se fait au moyen des mêmes substances employées pour les autres verres colorés ; la dose en est seulement plus forte.

L'art de l'émailleur ne paraît pas avoir été de beaucoup postérieur à la découverte du verre ; les anciens le pratiquaient avec un très-grand succès.

On se sert souvent de phosphate de chaux, ou simplement d'os calcinés pour donner au verre l'apparence de l'opale.

En enfermant entre deux couches de verre ou de cristal à l'état pâteux de petites pièces de porcelaine blanche et non vernie, des fleurs ou étoiles formées d'émaux diversement colorés, des fils d'émail opaque et coloré, on obtient ces *vases décoratifs*, ces *verres mosaïques*, ces *millefiori*, ces *verres de Venise*, ou *filigranés*, *rubannés*, etc., dont la fabrication avait déjà lieu en Bohême et à Venise au quinzième siècle.

Gravure sur verre. — Je terminerai l'histoire industrielle du verre en vous indiquant le moyen à l'aide duquel on parvient à dessiner ou graver à sa surface au moyen de l'acide fluorhydrique. Vous savez déjà comment cet acide opère, mais il vous reste à apprendre comment on le fait intervenir, soit à l'état gazeux, soit à l'état liquide.

Sur le verre sec et chaud, on coule un mélange fondu de quatre parties de cire jaune et d'une partie de térébenthine. Sur ce vernis froid, on trace le dessin avec une pointe ou un burin, absolument comme pour la gravure à l'eau-forte, en ayant soin de bien mettre à nu les points de la surface du verre sur lesquels on veut que l'acide agisse.

Si c'est avec l'acide gazeux qu'on doit graver, afin d'avoir des traits opaques, on se sert d'une caisse en plomb, d'une forme relative à celle de l'objet, et on y introduit du fluorure de calcium pulvérisé avec le double de son poids d'acide sulfurique concentré; on place la caisse sur un feu très-doux et on la recouvre du verre préparé dont la face vernie se trouve, bien entendu, dans l'intérieur de la caisse (*fig.* 94).

Au bout de quelques minutes, à partir du moment où les vapeurs

de l'acide ont commencé à apparaître, l'opération est terminée. On enlève le verre, on le chauffe légèrement pour fondre le vernis,

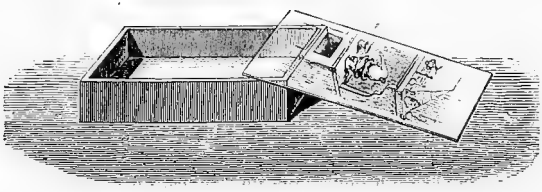


Fig. 94. — Gravure sur verre avec l'acide fluorique gazeux.

on le nettoie avec de l'essence ou de l'alcool, et on repasse, à l'aide du burin, les traits qui ne seraient pas bien venus.

Quand on veut avoir un dessin transparent, on entoure la partie vernie et dessinée d'un bourrelet de cire ou de mastic, et on la recouvre d'une légère couche d'acide liquide étendu du tiers ou de la moitié de son volume d'eau. On laisse mordre l'acide sur le verre pendant un temps plus ou moins long, selon la profondeur des tailles qu'on veut obtenir ; puis on lave à l'eau, et en dernier lieu avec de l'essence pour dissoudre le vernis.

On obtient de cette façon depuis les chiffres et les armoiries les plus simples jusqu'aux portraits, aux vues, aux vignettes qui peuvent servir pour impressions typographiques. On peut aussi introduire dans les traits plus profonds des fils métalliques d'or, d'argent, de platine, d'aluminium et obtenir ainsi des damasquineries d'un excellent effet.

Dans les cristalleries de Baccarat et de Saint-Louis, où l'on a apporté de notables perfectionnements à la gravure chimique, on imprime à l'encre grasse un dessin sur une feuille de papier mince, on applique cette feuille mouillée sur le verre à graver de manière à y déposer l'encre, et le papier étant enlevé, on plonge la pièce pendant quelques heures dans le bain d'acide fluorique étendu; celui-ci n'attaque que les parties du verre non couvertes d'encre grasse. Après la morsure, on enlève celle-ci et on a de la sorte un dessin transparent en relief.

Outremer factice. — Un composé de l'aluminium qui, par sa composition, se rapproche des silicates qui entrent dans la consti-

tution des verres non plombeux, c'est celui qu'on appelle *outremer factice, bleu d'outremer, bleu Guimet,* puisque c'est un silicate d'alumine et de soude, avec des traces de soufre et de fer.

Ce composé, remarquable par sa belle couleur bleue, joue maintenant un grand rôle dans la peinture, dans l'azurage et l'impression des papiers et des tissus. Il remplace avec grande économie l'*azur de cobalt*, ainsi que l'*outremer naturel* ou *lapis-lazuli* dont le prix exorbitant, 2 500 à 3 000 francs le kilogramme, limitait singulièrement l'emploi. Aujourd'hui, grâce aux nombreuses fabriques de Saxe, de Bohême et de France, on produit de l'outremer factice, aussi riche de ton et aussi solide que le *lazulite* naturel, au prix de 2 à 50 francs le kilogramme, suivant les nuances.

Son mode de fabrication a été découvert presque en même temps par M. Guimet, en France, et par Gmelin en Allemagne, vers 1827. Il y a, pour ainsi dire, autant de modes opératoires que de fabriques.

Les matières premières consistent en argile blanche plastique ou kaolin, en sable quartzeux, en sel de soude, en sulfate de soude calciné, en soufre raffiné, et en charbon de bois ou mieux en brai sec de goudron de houille. Ces matières, broyées sous des meules verticales, blutées, amenées à un état de division aussi grand que possible et de mélange intime, sont renfermées et fortement tassées dans d'immenses moufles en terre réfractaire, assez semblables pour la forme et la grandeur aux cylindres ou *cornues* dans lesquelles on calcine la houille pour en obtenir le gaz d'éclairage; on les soumet, pendant un temps variable, à une température comprise entre le rouge sombre et le rouge cerise; enfin on cesse le feu lorsque la masse a acquis une couleur bleue prononcée.

Après son refroidissement hors du contact de l'air, la matière agglomérée est épuisée, dans des tonneaux, de tous ses sels solubles par des lavages à l'eau chaude ; on la triture ensuite sous des meules horizontales en granite, en présence de l'eau, et on l'amène par la lévigation à divers degrés de finesse, comme l'azur. Les qualités commerciales qui sont assez nombreuses sont distinguées par les numéros 0/0, 0, 1, 2, 3, 4, etc. Leur couleur varie du bleu clair au bleu le plus éclatant.

Quelle est la cause de cette coloration de l'outremer, tant na-

turel qu'artificiel? C'est ce qu'il est impossible de dire dans l'état actuel des choses.

Un outremer est d'autant meilleur qu'il est plus fin, plus spongieux, qu'il se laisse pénétrer plus facilement par l'eau, qu'il reste plus longtemps en suspension dans ce liquide, que son pouvoir colorant est plus intense et qu'il résiste davantage à l'action des acides et de l'alun. Ceux-ci le décomposent très-vite ; la couleur bleue disparaît, il se dépose une poudre blanche en même temps qu'il se dégage de l'acide sulfhydrique. Les bains de bleu dans lesquels on a employé l'outremer pour l'azurage du linge ne tardent pas à répandre une odeur infecte. Ces caractères, joints à sa décoloration par une haute température et à sa fusion en un verre presque incolore, permettent de distinguer cette couleur bleue de l'azur de cobalt, qui ne change pas dans ces diverses circonstances.

V. COMPOSÉS DU FER.

Dans la famille du fer, je n'ai à vous indiquer que la préparation industrielle du sulfate de protoxyde, plus connu dans le commerce sous le nom de *couperose verte*.

Sulfate de fer ou **couperose verte.** — Deux méthodes sont employées; l'une basée sur l'oxydation des pyrites (FeS^2) au contact de l'air; l'autre sur la dissolution du fer dans l'acide sulfurique.

Première méthode.— Dans toutes les localités où l'on exploite les schistes alumineux entremêlés de pyrites blanches pour la fabrication de l'alun, on obtient en même temps une assez grande quantité de couperose qu'on isole par cristallisation des eaux chargées de sulfate d'alumine. Inutile de revenir sur ce procédé qui a été suffisamment exposé.

Lorsque, comme en Suède, en Allemagne, etc., les pyrites jaunes sont en masses ou en rognons compactes et, à cause de cela, peu susceptibles de se sulfatiser au contact de l'air, on commence par les soumettre à une légère calcination au rouge dans des cylindres en terre réfractaire ou en grès, de forme conique A, placés transversalement, au nombre de douze ou de vingt-quatre, sous une faible inclinaison, dans un fourneau de galère (*fig.* 95).

On en chasse ainsi un quart du soufre qui s'y trouve et qu'un tube *b*, ajusté à l'extrémité la plus inclinée des tuyaux, conduit dans un récipient C en fonte. La calcination dure de 6 à 8 heures pour des charges de 12 à 25 kilogrammes. Le résidu pulvérulent qu'on retire ensuite des tuyaux est un double sulfure très-perméable, qui ne tarde pas à se sulfatiser au contact de l'air.

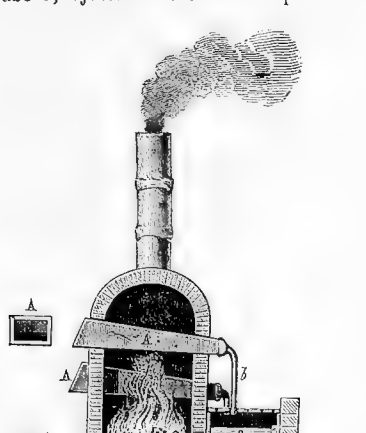


Fig. 95. — Calcination des pyrites jaunes et extraction du soufre.

Par des lessivages méthodiques, on obtient une solution marquant de 30 à 36°, qu'on concentre dans des chaudières jusqu'à 40° et qu'on met ensuite à cristalliser dans des bassins en pierre.

Deuxième méthode. — A Paris, à Honfleur, à Lyon et dans d'autres grandes villes, on fabrique la couperose de toutes pièces en faisant réagir l'acide sulfurique affaibli à 12 ou 15°, qui provient de l'épuration des huiles, sur les tournures de fer partiellement oxydées que fournissent le tournage et le forage des outils en ce métal.

L'acide faible et impur est d'abord porté à une certaine température dans des chaudières en fonte doublées de cuivre; on y introduit les tournures par fractions; elles se dissolvent rapidement; l'hydrogène, qui se dégage en abondance par suite de la décomposition de l'eau, entraîne dans une cheminée d'appel les vapeurs infectes dues aux matières huileuses dont l'acide est souillé.

Lorsque le liquide ne dissout plus de fer, on le concentre jusqu'à

pellicule; on le laisse en repos pendant quelque temps pour qu'il abandonne les matières en suspension qui le troublent, puis on le décante dans des cristallisoirs en bois doublés de plomb. Le sulfate de fer se dépose en beaux cristaux verdâtres (*fig.* 96), tant sur les parois des bassins que sur les perches en bois qu'on fait plonger dans la liqueur.

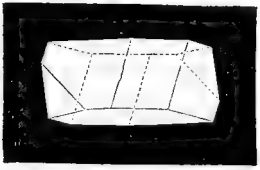


Fig. 96. — Cristaux de couperose.

Variétés commerciales de couperose.— Dans le commerce, il y a un très-grand nombre de sortes de couperose qu'on distingue par les noms des pays de fabrication. On dit donc : *couperose de Picardie, de Forges, de Paris, de Honfleur, d'Alsace, d'Angleterre, d'Allemagne;* et souvent, dans chaque sorte, il y a des variétés qui portent des marques particulières.

Toutes sont impures; elles renferment presque toujours un excès d'acide, du sulfate de sesquioxyde de fer, et parfois de l'alun, des sulfates de zinc, de manganèse, de cuivre, de chaux, de magnésie. Les couperoses fabriquées de toutes pièces sont les moins impures.

Pour dissimuler la grande acidité de certaines couperoses, qui affaiblit leur couleur, les fabricants les colorent en vert foncé au moyen d'un peu de noix de galles ou de mélasse. Ces couperoses acides ne conviennent pas pour le mordançage des tissus, attendu que l'excès d'acide sulfurique attaque les fibres textiles et les rend dures et cassantes.

Les couperoses cuivreuses, et celles qui contiennent beaucoup de sulfate de peroxyde de fer, ne doivent pas être employées pour le montage des cuves d'indigo à froid. On reconnaît facilement les couperoses cuivreuses, en plongeant dans leur dissolution une lame de fer bien décapée qui, au bout de quelques minutes, se recouvre d'un enduit rouge de cuivre métallique. Quant aux couperoses chargées de peroxyde de fer, leur solution précipite en bleu par le prussiate jaune de potasse et en noir bleuâtre par l'acide gallique.

On purifie très-aisément une couperose et on la rend propre à

tous les emplois, en faisant bouillir sa dissolution, pendant quelques heures, sur une petite quantité de limaille ou de vieille ferraille.

VI. COMPOSÉS DU ZINC.

Sulfate de zinc ou **couperose blanche.** — Jadis tout le sulfate de zinc, consommé dans les arts et la médecine, était fourni par l'Allemagne et provenait de la sulfatisation de la *blende* ou sulfure de zinc, qu'on grillait soit en tas, soit dans des fours à courant d'air. Au moyen de lessivages méthodiques, on enlevait le sulfate formé et on le mettait à cristalliser en masse.

Ce sel venant d'Allemagne, sous le nom de *vitriol de Goslar*, contenait toujours du sulfate de fer; il était donc jaunâtre et se recouvrait par places de taches ocreuses.

Aujourd'hui la plus grande partie de la *couperose blanche* sort des ateliers de dorure et de galvanoplastie où l'on fait usage des piles de Bunsen. La production de l'électricité est due dans ce cas, on vous l'a dit dans le *Cours de physique*, à la dissolution du zinc dans l'acide sulfurique. Les solutions retirées des vases sont délayées dans l'eau, filtrées, concentrées et mises à cristalliser.

Le plus habituellement, les cristaux sont fondus dans leur eau de cristallisation, et le liquide salin est coulé dans des moules sous forme de plaques carrées d'environ 1 décimètre d'épaisseur, du poids de 5 à 10 kilogrammes, qu'on expédie dans des fûts de 200 à 300 kilogrammes.

On reconnaît que la couperose blanche est exempte de fer lorsque sa dissolution ne noircit, ni par l'acide tannique, ni par les sulfures alcalins, et qu'avec les alcalis, comme avec le prussiate jaune de potasse, elle ne donne que des précipités parfaitement blancs.

Blanc de zinc. — Cette couleur blanche, destinée à remplacer la céruse pour la peinture à l'huile des bois et des murs, était à l'origine du carbonate de zinc obtenu par double décomposition; c'est aujourd'hui de l'oxyde de zinc préparé directement.

Cette nouvelle industrie a été régularisée et singulièrement développée depuis 1849, par M. Leclaire, dont les procédés sont exploités à Asnières, près Paris, à Valentin-Cocq, province de

Liége, et à Mülhein (Prusse rhénane). En voici la description sommaire.

L'appareil employé (*fig.* 97) consiste en un double four silésien contenant vingt cornues ou mouffles en terre réfractaire CC, des-

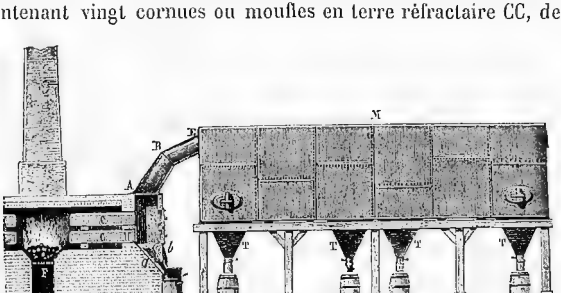


Fig. 97. — Fabrication du blanc de zinc.

tinées à recevoir le métal ; elles sont placées sur deux rangs et devant leur ouverture est pratiquée une petite chambre G, dite *guérite*, qui reçoit un courant d'air en *a*, et qui par sa partie supérieure communique par un tube de fonte ABE avec un système de chambre M, dite de *condensation*, dans laquelle il se fait un fort appel d'air.

Lorsque les cornues sont chargées de zinc et que leur température est portée au blanc, les vapeurs métalliques qui en sortent sont brûlées à leur arrivée dans la guérite par l'air qu'y amène l'appel des chambres. L'oxyde produit, entraîné par le courant d'air, va se déposer dans les divers compartiments où, pour multiplier les surfaces, sont placés des châssis garnis de toile de coton pelucheux qu'on secoue de temps à autre ; ces toiles facilitent le dépôt des particules qui les traversent. La partie inférieure des chambres est terminée en trémies TTTT ; des barils placés au-dessous de celles-ci reçoivent l'oxyde condensé dans chaque chambre.

Dans la première, l'oxyde est pulvérulent et plus ou moins sali par des poussières de zinc métallique et de métaux étrangers

(fer, cadmium, arsenic, etc.). A mesure qu'on s'éloigne, l'oxyde est plus léger, plus floconneux, plus blanc ; on le désigne sous le nom de *blanc de neige*, tandis qu'on appelle *blanc de zinc* celui qui est plus dense et pulvérulent. Le *gris de zinc* est l'oxyde mélangé de zinc très-divisé; on le broie sous des meules avec de l'eau; on le vend pour remplacer le minium.

La peinture au blanc de zinc a bien de la peine à se substituer à la peinture à la céruse, parce qu'elle couvre moins les surfaces. Cependant son innocuité et son inaltérabilité aux émanations sulfureuses devraient en rendre l'emploi plus général. C'est le chimiste Courtois qui, dès 1779, fit des expériences en grand pour en démontrer les avantages, et, en 1783, Guyton de Morveau appela surtout l'attention sur l'oxyde de zinc au point de vue de l'hygiène. Il a fallu plus de soixante ans pour que ces données scientifiques reçussent un commencement d'exécution, tant est lent le progrès en toutes choses!

VII. COMPOSÉS DU CUIVRE.

Sulfate de cuivre ou **couperose bleue.** — C'est, de tous les composés du cuivre, le plus important par ses nombreuses applications. On le produit de différentes manières :

1° *Sulfatisation des pyrites cuivreuses.* — Le double sulfure de cuivre et de fer ou *cuivre pyriteux* est, dans certaines localités, à Marienberg, en Saxe, par exemple, grillé et remué pendant douze heures dans un four à réverbère que traverse un courant d'air énergique; on traite ensuite par l'eau pour dissoudre les sulfates formés. On concentre les eaux de lavage et on met à cristalliser. — Dans ce cas, le sel obtenu est un mélange de sulfates de cuivre, de fer et de zinc.

2° *Procédé français.* — On mouille des plaques ou lames de cuivre hors d'usage, on les saupoudre de fleur de soufre et on les chauffe au rouge dans un four à réverbère. Il se fait d'abord un sulfure que l'oxygène de l'air convertit après en sulfate. On plonge les plaques calcinées dans des cuviers pleins d'eau; le sel formé à leur surface se dissout; on les saupoudre de nouveau de soufre et on recommence la calcination. On poursuit ces opéra-

tions jusqu'à ce que tout le cuivre soit sulfatisé. Les liqueurs qui en proviennent sont concentrées et mises à cristalliser.

3° *Traitement du cuivre par l'acide sulfurique.* — Dans les fabriques de produits chimiques, où l'on prépare les sulfites alcalins (ceux de soude, de chaux, de zinc), on traite les vieux cuivres et les rognures ou planures qui sortent des ateliers de construction par l'acide sulfurique concentré et bouillant. La réaction s'opère dans des tourilles ou bombonnes en grès placées dans un bain de sable (*fig.* 98), et reliées par des tubes en plomb à une série de

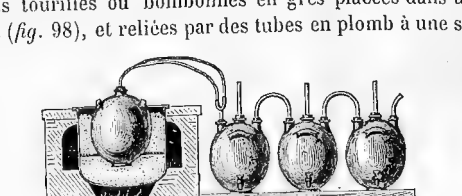


Fig. 98. — Production du sulfate de cuivre et de l'acide sulfureux.

tourilles en grès contenant les solutions alcalines qui doivent absorber le gaz sulfureux produit.

Le résidu de l'opération est du sulfate de cuivre qu'on concentre sur des rognures de même métal pour qu'il soit le moins acide possible, et on le met ensuite à cristalliser.

4° *Couperose d'affinage.* — Dans les villes où l'on pratique l'affinage des matières d'or et d'argent, on obtient, je vous l'ai déjà dit, une grande quantité de sulfate de cuivre très-pur, en décomposant le sulfate acide d'argent, sous l'influence de l'eau chauffée à l'ébullition, par des lames de cuivre hors de service. Le sulfate acide de cuivre qui en résulte est évaporé dans des bassins en plomb sur des morceaux de cuivre, afin de le neutraliser, puis les liqueurs suffisamment concentrées sont mises à cristalliser.

Couperoses bleues commerciales. — Le sulfate de cuivre pur ou presque pur, fourni par les deux derniers procédés surtout, porte dans le commerce le nom spécial de *vitriol de Chypre.* Il est en cristaux souvent volumineux, d'un bleu intense (*fig.* 99).

On appelle *sel* ou *vitriol de Saltzbourg*, le sulfate de cuivre plus ou moins mélangé de sulfate de fer provenant du traitement des pyrites cuivreuses, ou préparé directement par le mélange de quantités déterminées des deux sulfates simples que l'on dissout, que l'on fait cristalliser ensemble; c'est ainsi que l'on procède dans les usines de Paris, de Vienne (Dauphiné), de Bouxvillers (Alsace).

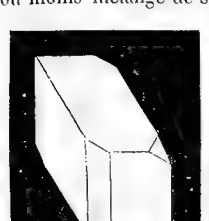


Fig. 99.—Cristaux de vitriol de chypre.

Il y a trois qualités de ce sel double, distinguées par les désignations de 1 *aigle*, 2 *aigles*, 3 *aigles*, dont la richesse en cuivre va croissant du n° 1 au n° 3. Les cristaux sont en général très-volumineux et d'un bleu verdâtre; ils se recouvrent à l'air de taches ocreuses, d'autant plus prononcées qu'ils contiennent plus de fer.

Ces vitriols de Saltzbourg sont surtout employés pour la teinture des laines en couleurs foncées.

Le sulfate double de cuivre et de zinc, qu'on tire des mines de Chessy, près de Lyon, et qu'on connaît sous le nom de *vitriol mixte de Chypre*, est beaucoup moins employé.

VIII. COMPOSÉS DU PLOMB.

J'ai à vous faire connaître la préparation industrielle de deux composés du plomb dont je vous ai déjà signalé les nombreux usages, à savoir : le *minium* et la *céruse*.

Minium. — La fabrication de cet oxyde rouge intermédiaire comprend deux opérations distinctes qui se succèdent; la première convertit le plomb en *massicot* ou protoxyde jaune, et la seconde change ce dernier en minium.

On choisit le plomb le plus pur, et surtout le moins cuivreux possible. On le met en fusion sur la sole un peu concave d'un four à réverbère (*fig.* 100) sur les côtés duquel sont deux foyers placés au niveau de la sole. La température ne dépasse pas 300° afin de ne pas fondre l'oxyde jaune sale qui se produit, et on favorise l'oxydation du métal en l'agitant continuellement avec un long râteau en fer (*fig.* 101). De temps en temps, on repousse dans le fond

du four, avec le plat du râteau, la couche de massicot formée, pour que la surface du plomb soit toujours en contact avec l'air. La

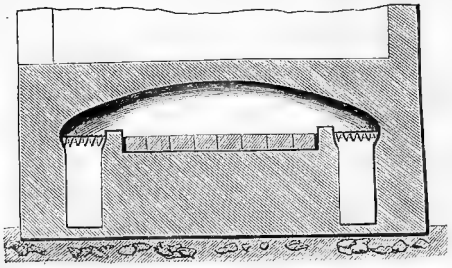


Fig. 100.— Four à minium.

calcination de 300 kilogrammes de plomb dans ces conditions dure ordinairement douze à quinze heures.

La masse oxydée est broyée entre deux meules, avec le concours de l'eau, passée à travers un tamis métallique très-serré, pour sé-

Fig. 101.— Râteau pour faciliter l'oxydation du plomb.

parer les particules de plomb qui ont échappé à l'oxydation, puis délayée sous un courant d'eau qui emporte l'oxyde et va le déposer dans des caisses. Les parties métalliques plus pesantes se déposent les premières, et donnent un produit (*son* des ouvriers) qu'on soumet plus tard à un nouveau grillage.

Les caisses de la laverie reçoivent des dépôts de massicot d'autant plus ténus qu'elles sont plus éloignées des *tines* ou moulins. On recueille ces produits séparément, et les plus fins sont convertis en minium ; mais avant on les fait sécher dans une étuve qui est placée au-dessus de la voûte du four de calcination. Après la dessiccation, on passe la poudre, qui s'est plus ou moins agglomérée, sous un lourd cylindre de fonte renfermé dans une grande boîte fermée de tous côtés.

Le massicot est alors réparti dans des cuvettes de tôle ou de fer battu, peu profondes, d'une capacité de 7 à 8 kilogrammes environ. On introduit ces cuvettes pendant la nuit dans le four où l'on a calciné le plomb pendant la journée, afin de profiter de la chaleur acquise ; on ferme toutes les ouvertures et on abandonne l'opération à elle-même. Une portion du massicot, en absorbant une nouvelle dose d'oxygène, se change en bioxyde, et c'est celui-ci qui, par sa combinaison avec le double de son poids de protoxyde, constitue le minium, qui apparaît le lendemain avec une couleur rouge jaunâtre.

On lui fait acquérir des tons de plus en plus riches en le soumettant à de nouvelles chauffes dans les mêmes conditions de température ; c'est de là que viennent les dénominations commerciales de *minium à un, à deux, à trois*, etc., *feux*.

Dans les usines anglaises, on étend le massicot sur la sole du four au lieu de le renfermer dans des cuvettes. Le minium anglais est d'un rouge plus vif que le minium français.

Une variété de minium, connu sous le nom de *mine-orange*, à cause de sa nuance, et qui est préférable pour les peintures à la colle, est obtenue en calcinant la céruse avec précaution dans les mêmes conditions que le massicot. C'est surtout à Clichy qu'on la fabrique ; son prix est plus élevé que celui du minium rouge. On attribue ses qualités spéciales à quelques centièmes de carbonate de plomb qu'elle contient.

Céruse. — On ne consomme pas moins de 8 millions de kilogrammes de céruse en France, et la plus grande partie est fournie par les usines du département du Nord, notamment de Lille. Le procédé qu'on y suit est connu sous le nom de *procédé hollandais*, qui indique son origine ; c'est le même qu'on met en pratique en Belgique et en Allemagne. Il est basé sur l'action combinée que l'air, l'acide acétique, et l'acide carbonique font éprouver au plomb sous l'influence de la chaleur.

Procédé hollandais. — On coule le plomb fondu en lames minces de quelques millimètres ; on les roule en spirales PP (*fig.* 99) ; on les place verticalement dans des pots de grès vernis A de la contenance de 1 litre environ, en les faisant reposer sur des *mentonnets* B ou rebords ménagés à l'intérieur des pots à

quelques centimètres de leur fond. Dans chacun de ceux-ci, on introduit, en C, 1/4 de litre environ de vinaigre de vin ou de bière, et mieux encore d'acide pyroligneux très-affaibli, et on les recouvre d'un disque ou d'une lame de plomb D qui ne les clôt qu'imparfaitement.

Fig. 102.— Pot à céruse avec spirale de plomb.

Les pots ainsi préparés sont placés les uns à côté des autres dans de grandes chambres en maçonnerie (*fig.* 103) disposées sous des hangars bien aérés, et on en forme des rangées séparées entre elles par des planches recouvertes d'un lit

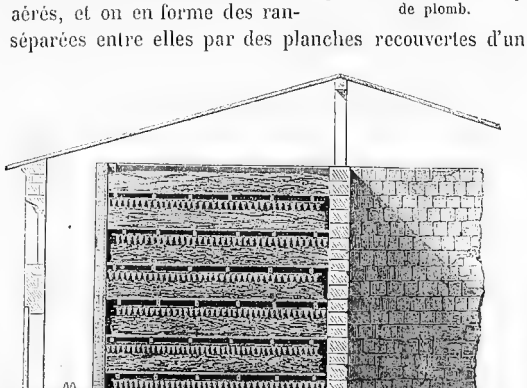


Fig. 103. — Fabrication de la céruse à Lille par le procédé hollandais.

de fumier de cheval. La masse atteint une hauteur de 5 à 6 mètres; l'air a un libre accès dans son intérieur.

Les choses restent en cet état pendant 6 semaines à 2 mois; les lames de plomb sont alors converties en grande partie en écailles blanches et dures de céruse, et voici ce qui détermine ce résultat. Par suite de la fermentation du fumier accumulé dans

les chambres, la température s'élève progressivement jusqu'à 45° et au delà; le vinaigre des pots donne des vapeurs d'eau et d'acide acétique qui déterminent bientôt l'oxydation du plomb par l'air et par suite la formation à sa surface d'une pellicule d'hydrate et de sous-acétate :

$$4Pb + 4O + HO + \overline{A} = PbO,HO + \overline{A},3PbO.$$

A cette première réaction chimique en succède une seconde occasionnée par la présence de l'acide carbonique que le fumier dégage en abondance; cet acide enlève à l'acétate tribasique les deux tiers de son oxyde pour former du carbonate et le ramène à l'état d'acétate neutre, comme le montre l'équation suivante :

Céruse.

$$\overline{A},3PbO + PbO,HO + 2CO^2 = PbO,\overline{A} + (PbO,HO + 2PbO,CO^2).$$

Mais l'acétate neutre de plomb ne tarde pas, par suite de l'oxydation d'une nouvelle quantité de métal, à reproduire du sous-acétate qui, à son tour, est décomposé par l'acide carbonique incessamment produit, et ainsi de suite.

Lorsqu'on démonte les chambres, on trouve donc dans les pots les lames presque entièrement attaquées. Pour en détacher les

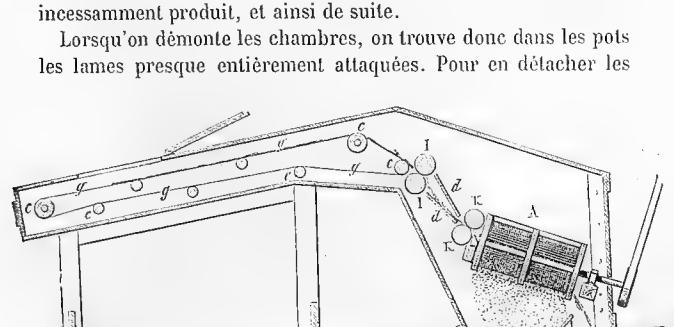


Fig. 104. — Machine à décaper le plomb recouvert de céruse.

croûtes de céruse, on les déroule et on les étend sur une toile sans fin *ggg* (*fig.* 104), soutenue par des rouleaux *ccc*, qui les

entraînent successivement entre deux paires de cylindres cannelés II et KK. Les écailles tombent dans un blutoir A tournant qui les tamise et les isole des lames métalliques qui vont se réunir dans un autre compartiment. Cet appareil, nommé *machine à décaper*, est renfermé dans un bâti spécial, clos de toutes parts, de sorte que les ouvriers ne sont plus exposés, comme autrefois, aux poussières malfaisantes de la céruse.

Le broyage des écailles s'effectue aussi mécaniquement et sans danger dans l'*écraseur* ci-dessous (*fig.* 105), également entouré de

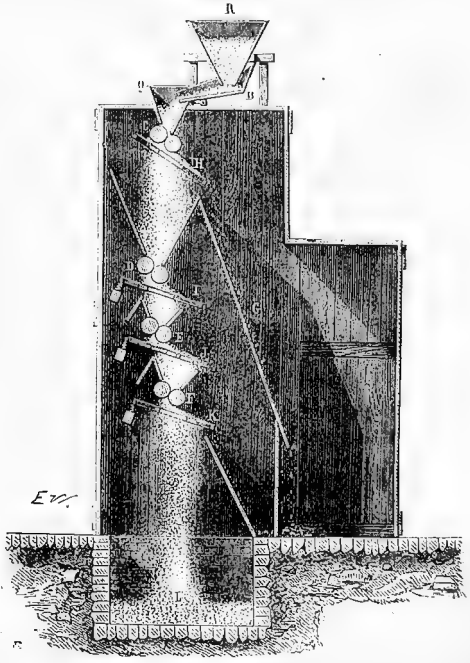


Fig. 105. — Machine à écraser la céruse.

planches. De la trémie R où on les apporte, elles descendent dans le conduit B, muni d'un babillard, qui les dirige dans une seconde

trémie Q, d'où elles passent entre quatre jeux de cylindres cannelés C D E F. Les parcelles métalliques glissent sur le plan incliné G, tandis que la céruse, après avoir passé sur les tamis H, I, J, K, tombe dans la fosse L.

On la fait alors passer sous huit paires de meules horizontales de plus en plus rapprochées, après l'avoir humectée convenablement; elle en sort à l'état de pâte fine et est reçue dans des baquets qu'une poulie, mue par la vapeur, monte dans un séchoir à air. On la distribue dans des pots coniques en terre poreuse qu'on laisse sur des étagères pendant 8 à 10 jours, on la dépote et on achève la dessiccation des pains dans une étuve à air chaud, maintenue à une température de 60 à 80°.

Maintenant, une grande partie de la céruse est livrée à l'état de pâte en mélange avec l'huile. On se sert pour faire ce mélange du *cylindre à empâter* (*fig.* 106), dans lequel des palettes *bbb*, fixées sur l'axe transversal *aa*, remuent et malaxent les matières. A la

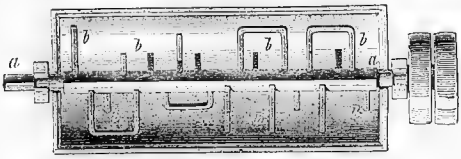


Fig. 106. — Cylindre à empâter d'huile la céruse broyée à l'eau.

céruse broyée à l'eau, on ajoute 8 à 10 pour 100 d'huiles de lin et d'œillette, qui déplacent l'eau complétement; la pâte huileuse est ensuite soumise à l'action de cylindres broyeurs et embarillée.

Vous comprenez que, sous cet état, l'emploi de la céruse dispense les peintres en bâtiment du broyage avec l'huile sur le porphyre, opération longue et dangereuse pour la santé.

Les appareils que j'ai placés sous vos yeux, et qui ont fait disparaître de cette industrie toutes les causes d'insalubrité qui la rendaient jadis si meurtrière, sont dus à MM. Théodore Lefebvre, qui ont créé à Moulins-Lille, un des établissements les plus remarquables sous le rapport de la perfection du travail et de la bonne tenue des ateliers. La céruse de Lille, qui rivalise avec celle de Hollande, est celle que l'on consomme le plus en France. On l'expédie en fûts de 250 à 500 kilogrammes.

Procédé allemand. — Dans plusieurs fabriques d'Allemagne, notamment à Krems, en Autriche, on a renoncé à l'emploi du fumier ou de la tannée pour produire l'acide carbonique et la chaleur nécessaire à la production de l'hydrocarbonate de plomb, afin d'obtenir une céruse plus blanche, plus propre, par conséquent, aux peintures fines, la céruse de Hollande et de Lille ayant un *œil* grisâtre par suite de l'hydrogène sulfuré que dégage toujours le fumier ou le tan en putréfaction.

On opère dans des chambres closes garnies dans une partie de leur hauteur de tringles de bois sur lesquelles on dispose les lames de plomb absolument comme les feuilles de papier qu'on fait sécher chez les imprimeurs (*fig.* 107); on les rapproche le plus possible sans qu'elles se touchent. Sur le sol des chambres sont placées des auges contenant, les unes du vinaigre ou de l'acide pyroligneux, les autres des matières donnant lieu à une émission continuelle d'acide carbonique. Un courant de vapeur d'eau circulant, sous le sol des chambres, maintient une température constante de 25 à 30°.

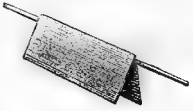


Fig. 107. — Disposition des lames de plomb sur les tringles.

La durée de l'opération est à peu près la même que dans le mode Hollandais. Les lames incrustées d'écailles très-blanches sont soumises à toutes les manipulations ci-dessus indiquées. Le produit est connu dans le commerce sous les noms de *blanc de Krems, blanc d'argent.*

Procédé français. — A Clichy, près Paris, à Portillon, près Tours, on suit un procédé de l'invention de Thenard, qui repose exactement sur l'intervention des mêmes agents chimiques, mais dont la mise en œuvre est bien différente. L'appareil que je place sous vos yeux (*fig.* 108) va vous la faire comprendre aisément.

A est une cuve en bois de 200 litres de capacité dans laquelle on introduit des vinaigres communs de mélasse ou de dextrine, avec un grand excès de litharge; un agitateur en bois mis en mouvement par la vapeur, détermine rapidement la formation d'un sous-acétate de plomb dont la dissolution marque 17 à 18° Baumé. On la fait écouler dans un réservoir en cuivre étamé B,

d'une capacité de 190 hectolitres, où elle s'éclaircit; elle passe de là dans un grand bassin C D, très-large, peu profond, de 90 hectolitres, que ferme un couvercle traversé de 800 petits tubes. Ceux-ci pénètrent aux deux tiers de la liqueur, et par leur extrémité supérieure ils communiquent avec un gros tube commun

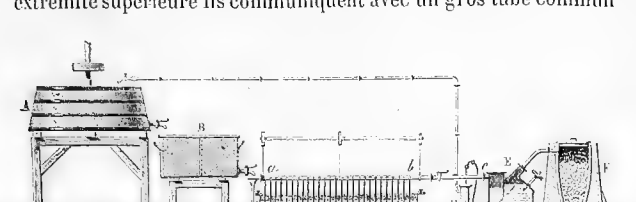


Fig. 108. — Fabrication de la céruse à Clichy.

a b c, amenant le gaz carbonique qui doit convertir le sous-acétate de plomb en acétate neutre soluble et en carbonate insoluble.

Le gaz carbonique est produit par la cuisson de la pierre à chaux, dans un petit four continu de 2 mètres de haut F, fermé hermétiquement par le haut, mais en communication, par un tuyau latéral, avec une *cagnardelle soufflante* ou vis d'Archimède E; celle-ci aspire l'acide carbonique du four, active la combustion de ce dernier, et lance le gaz dans les 800 petits tubes de distribution.

Après douze heures de marche, le sous-acétate de plomb a cédé les deux tiers de son oxyde et est repassé à l'état d'acétate neutre. On arrête l'arrivée du gaz, on laisse déposer la céruse formée, puis on aspire le liquide clair par une pompe H qui le remonte dans la cuve A. On sature de nouveau de litharge l'acétate neutre additionné d'un peu de vinaigre et on recommence la série des opérations précédentes; en sorte qu'avec le même sel on peut obtenir une assez grande quantité de carbonate de plomb.

Les précipités sont lavés, moulés et séchés; c'est ce qu'on appelle la *céruse de Clichy*, qui est aussi belle que le *blanc de Krems*, mais qui *couvre* moins que la *céruse de Hollande* ou de *Lille*.

Variétés commerciales de céruse. — Dans le commerce, on distingue non-seulement la céruse par les noms des pays de fabrica-

tion, mais il y a de plus des désignations spéciales pour certaines espèces qui sont additionnées, à dessein, de substances blanches, spécialement de sulfate de baryte, dans l'intention de leur communiquer quelques propriétés particulières, de l'opacité, par exemple, et de les rendre plus propres aux peintures délicates. Voici les noms qu'il faut connaître :

Blanc de Krems ou blanc d'argent. Céruse de Hollande ou de Rotterdam. — de Lille. — de Clichy.		Hydrocarbonate de plomb pur et très-beau.
Blanc de Venise.	Mélange de	Céruse. . . . . 1 partie. Sulfate de baryte. 1 partie.
Blanc de Hambourg.	Mélange de	Céruse. . . . . 1 Sulfate de baryte. 2
Blanc de Hollande.	Mélange de	Céruse. . . . . 1 Sulfate de baryte. 3 à 7.
Céruse de Mulhouse.		Sulfate de plomb.

Les céruses pures se dissolvent, sans aucun résidu, et avec effervescence dans l'acide azotique étendu et dans l'acide acétique. Il est donc facile de reconnaître quand elles ont été allongées avec du sulfate de baryte ou de plomb.

IX. — COMPOSÉS DU MERCURE.

Sulfure rouge. — Des composés du mercure, celui qui donne lieu à une fabrication industrielle de quelque importance, c'est le sulfure rouge ou *cinabre* qui, je rappelle ce fait à vos souvenirs, est le minerai le plus abondant de la famille et le seul qu'on exploite pour l'extraction du métal. Sa belle couleur rouge, quand il est réduit en poudre fine, l'a fait rechercher, dès la plus haute antiquité, non-seulement en Chine, au Japon, mais en Égypte, en Grèce, en Italie, comme matière colorante pour la peinture, et aussi comme fard.

Mais depuis longtemps ce n'est plus le cinabre natif qu'on fait servir à ces usages, ainsi qu'à ceux de la médecine. On produit de toutes pièces un sulfure qui acquiert par la porphyrisation une couleur beaucoup plus éclatante et qui est spécialement réservé pour la peinture à l'huile et à l'aquarelle, pour la coloration des premières qualités de cire à cacheter. C'est ce cinabre artificiel, finement divisé, qui porte le nom de *vermillon*.

Sa préparation remonte au treizième siècle, et a pour auteur le

célèbre alchimiste Albert le Grand. Les Hollandais, pendant des siècles, en ont eu seuls le secret; ce n'est qu'à la suite de l'invasion de leur pays par les armées françaises que leur monopole a cessé. L'Allemagne et la France produisent maintenant des vermillons non moins estimés que ceux de la Hollande, mais inférieurs, comme ces derniers, aux vermillons qui viennent de Chine. Le seul département de la Seine en livre annuellement au commerce pour plus d'un million de francs.

Très-nombreux sont les procédés pour fabriquer le cinabre et par suite le vermillon; les uns opèrent par la voie sèche, les autres par la voie humide.

Dans le premier cas, le plus généralement, on mêle et on expose à un feu modéré dans une chaudière de fer plate et polie 75 de soufre et 540 de mercure; il en résulte une masse noire violacée, connue sous le nom d'*éthiops minéral*, qu'on broie et qu'on projette par portions dans de grands vaisseaux sublimatoires. Ceux-ci se composent de deux pièces; l'une, en terre qui forme le fond du vase, c'est celle qui est chauffée; l'autre, en fonte, lutée sur la précédente, qui reçoit le produit sublimé. L'orifice de cette dernière se bouche avec une plaque de fonte; c'est par là qu'on introduit dans l'appareil, rouge de feu, l'*éthiops minéral*. Ce n'est qu'après trente-six heures de feu que le cinabre est entièrement sublimé en cristaux d'un rouge brun, fortement accolés les uns aux autres, et formant des pains d'une épaisseur variable.

On le broie sous des meules avec de l'eau de pluie pendant très-longtemps; on sépare ensuite par lévigation des poudres de diverses ténuités et qui offrent jusqu'à vingt-quatre nuances distinctes.

Par la voie humide, on obtient des produits beaucoup plus éclatants qui rivalisent avec ceux de Chine. Le procédé suivant, dû à Brunner (de Berne), donne les meilleurs résultats.

On triture ensemble dans un mortier de porcelaine 300 de mercure et 114 de soufre jusqu'à ce que le métal soit *éteint*, c'est-à-dire tellement divisé qu'on n'aperçoive plus ses globules à la loupe. On verse par petites portions à la fois sur l'*éthiops minéral*, ainsi produit, 450 d'eau dans laquelle on a dissous 75 de potasse caustique; on agite continuellement et on maintient le tout, dans un vase de fer, à une température de 45°. Après huit heures environ d'exposition à cette chaleur limitée, pendant laquelle on a

renouvelé l'eau à mesure de son évaporation, la masse, d'abord noire, se colore en rouge brun, puis passe rapidement au rouge de carmin. Lorsqu'elle a atteint la nuance convenable, on la lave à plusieurs eaux et on en sépare par décantation le mercure non combiné. On sèche à une basse température.

Comme le vermillon a toujours un prix fort élevé, on le falsifie souvent avec des matières rouges de moindre valeur. Un bon vermillon ne doit laisser aucun résidu quand on le chauffe au rouge dans une cuiller de fer; sa nuance ne doit pas changer par le contact de l'acide azotique.

C'est une couleur très-vénéneuse. Les tons riches qu'elle fournit ne sont pas d'une longue durée; ils passent peu à peu au noir sous l'influence des rayons solaires et des émanations sulfureuses.

X. — COMPOSÉS DE L'ARGENT ET DE L'OR.

Argenture et dorure. — L'application de l'argent et de l'or à la surface des autres métaux, notamment du cuivre et du laiton, est un art fort important, dont je dois vous dire quelques mots.

Le procédé le plus ancien, qu'on trouve déjà pratiqué dans les premières années de l'empire romain et chez les Gaulois, a consisté à appliquer à la surface des métaux bien décapés des feuilles très-minces d'argent ou d'or qu'on y faisait adhérer à l'aide de la chaleur et d'une pression longtemps exercée au moyen d'un outil (*brunissoir*) d'acier.

C'est là ce qu'on appelle l'*argenture* ou *la dorure à la feuille*, qu'on a délaissée parce qu'elle était trop coûteuse.

Les Gaulois qui avaient imaginé l'étamage du cuivre eurent l'idée de substituer l'argent à l'étain et il firent du *plaqué*, comme on le fait encore de nos jours par la juxtaposition et la pression de lames d'argent sur le cuivre en plaques. On a trouvé à Alise, aujourd'hui Provins, des objets d'airain et de cuivre plaqués d'argent dont l'un d'eux porte le nom de l'artiste. On connaît également des agrafes en fer damasquinées d'argent confectionnées dans la Bourgogne.

Ce genre d'industrie, que l'anglais Th. Bolsower fit revivre en 1742 à Sheffield, et qui a été exploité avec une grande perfection en France depuis les premières années du dix-neuvième siècle, consiste à superposer deux lames, l'une d'argent fin, l'autre de

cuivre poli mouillée d'une forte dissolution d'azotate d'argent, à les chauffer au rouge brun dans un four à moufle et à les passer dans cet état au laminoir jusqu'à ce qu'on les ait amenées au degré d'amincissement convenable. Cette forte compression, qui a expulsé tout l'air qui pouvait exister entre les lames, colle, pour ainsi dire, les deux métaux, si bien qu'on peut travailler au tour et au marteau la plaque unique qui en résulte, sans qu'il soit possible de les séparer.

On plaque au degré de force qu'on désire, en donnant à la lame d'argent le dixième, le vingtième, le quarantième du poids primitif du cuivre.

Le plaqué d'or est fait de la même manière; seulement la liqueur d'amorce est une dissolution d'or dans l'eau régale.

Ces procédés mécaniques ont été en grande partie remplacés par des méthodes chimiques ou physiques qui ont permis d'obtenir des résultats plus satisfaisants sous le double rapport de la perfection du travail et de l'économie.

C'est ainsi que pour l'argenture des cadrans d'horlogerie, des timbres gradués, des instruments de physique, etc., on a eu recours d'abord au chlorure d'argent. En frottant les objets avec ce composé récemment précipité et humecté d'eau salée, l'argent revient à l'état métallique, pénètre assez profondément dans le cuivre ou le laiton, et forme à sa surface une croûte très-solide qu'on rend encore plus adhérente en faisant rougir la pièce et en la brunissant.

Un avantage de ce mode d'argenture, qui s'appelle *argenture au pouce*, c'est que, lorsque des parties sont détériorées ou colorées, on peut les réparer facilement sans retoucher à toute la pièce; il suffit de les frotter avec de la *poudre à blanchir*, c'est-à-dire avec le chlorure d'argent, qu'on remplace aujourd'hui avec plus d'avantage par le cyanure d'argent.

On emploie aussi le chlorure d'argent par la voie humide, et ce procédé appliqué à l'argenture des épingles, agrafes, boucles, boutons et autres petits objets, a reçu des ouvriers le nom de *bouillitoire*. Il y a dans les ateliers une foule de recettes à cet égard, mais toutes se résument, en définitive, à rendre le chlorure d'argent soluble au moyen des chlorures alcalins, sel marin ou sel ammoniaque, et à plonger dans les liqueurs bouillantes les pièces de

cuivre bien décapées. Celles-ci se recouvrent promptement d'une couche d'argent très-brillante, sans taches ni aspérités; on les lave ensuite avec soin et on les sèche immédiatement.

Dans l'*argenture par immersion* ou *au trempé*, inaugurée, en 1840, par Elkington, et généralement substituée aux *bouillitoires*, on plonge les pièces décapées dans un bain bouillant de cyanure double de potassium et d'argent contenant 5 grammes d'argent par litre.

Mais c'est surtout l'*argenture galvanique* qui est actuellement le procédé usuel. J'y vais revenir en vous parlant de la dorure.

Pendant de longues années, c'est au moyen d'un amalgame d'or qu'on a pratiqué celle-ci. Voici sommairement comment on opère.

On décape parfaitement le laiton, en le chauffant au rouge et en le plongeant dans de l'acide sulfurique faible; on le lave et on le sèche en le frottant avec du son ou de la sciure de bois. On l'humecte alors avec une dissolution étendue d'azotate de mercure; puis, on y applique, à l'aide d'une brosse, une certaine quantité d'amalgame d'or pulvérulent; on étend uniformément la poudre, et en chauffant ensuite la pièce, le mercure se volatilise complétement; l'or reste seul à la surface sous forme d'un enduit brun foncé. Pour lui donner la couleur de l'or, on le nettoie, on le frotte, et on l'expose au feu après l'avoir recouvert d'une bouillie composée de sel, de nitre et d'alun; on le passe à l'eau bouillante, on l'essuie, et lorsqu'on veut le brunir on le frotte avec la *dent de loup*.

Ce procédé, si dangereux pour les ouvriers, sans cesse exposés à des vapeurs mercurielles, a une origine fort ancienne, puisque Pline mentionne, comme usitée de son temps, une méthode de dorure fort peu différente.

En ce moment, il n'y a plus que deux modes de dorure; la dorure *par immersion* ou *au trempé*, due à Elkington, et la *dorure galvanique* dont l'idée première appartient à M. de la Rive, de Genève, et les perfectionnements à MM. Elkington et de Ruolz.

La *dorure au trempé* s'exécute en plongeant pendant quelques minutes les métaux à dorer dans un bain bouillant contenant, sur 10 litres d'eau, 75 grammes d'or réduit en chlorure sirupeux et 5 kilogrammes de bicarbonate de potasse.

Quant à la *dorure galvanique*, qui permet de déposer autant d'or que l'on veut sur les métaux, ce qu'il est impossible de faire avec le mode précédent, on plonge les pièces à dorer dans un

bain composé de cyanure d'or et de potassium dissous dans un excès de cyanure de potassium, en même temps que les pièces et le bain sont soumis à l'action d'un faible courant galvanique fourni par une pile de Bunsen, à une température de 70°.

Le bain se prépare habituellement avec 50 litres d'eau, 50 grammes d'or réduit à l'état de chlorure sirupeux et 1 kilogramme de cyanure de potassium. On l'entretient constamment à la même richesse, en suspendant au pôle positif de la pile une lame d'or qui se dissout à mesure que la dissolution laisse déposer son or sur les pièces, mises en communication avec le pôle négatif.

L'argenture galvanique s'effectue de la même manière, avec un bain composé de 250 parties d'eau, 2 p. de cyanure d'argent et 10 p. de cyanure de potassium. Le bain reste à la température ordinaire.

La figure 109 vous donne une idée de l'appareil employé en grand. C'est une cuve CC mastiquée à l'intérieur, traversée par

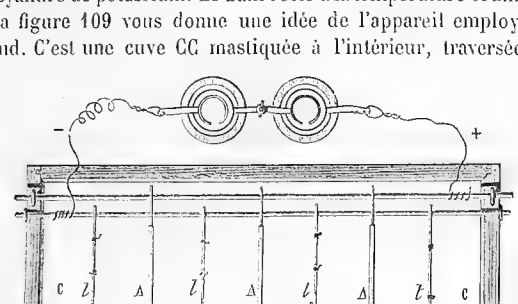


Fig. 109. — Appareil pour la dorure et l'argenture galvaniques.

quatre tringles métalliques dorées ou argentées, suivant qu'on dore ou qu'on argente. De larges lames d'or ou d'argent fin, A A A, sont suspendues dans le bain et communiquent avec le pôle positif de la pile. Des tringles de métal dorées ou argentées, *t t t t*, en communication avec le pôle négatif et plongeant dans le liquide, supportent par des crochets ou des fils tous les objets métalliques qui doivent être dorés ou argentés.

C'est surtout pour la vaisselle et les couverts qu'on fait usage

de cette méthode expéditive, et c'est le maillechort qui est l'alliage préféré au cuivre et au laiton. On obtient ainsi des couverts qui imitent parfaitement l'argenterie; on dépose généralement 60 grammes d'argent fin par douzaine de couverts; la couche d'argent est assez forte pour garantir le maillechort pendant 4 à 5 ans.

Dans tous les cas, au sortir des bains, les pièces lavées et séchées, sont brunies en totalité ou en partie, selon leur destination pour l'usage ou la décoration.

Essais des alliages d'argent. — Vous savez que dans tous les alliages commerciaux de l'argent, bijoux, lingots, pièces d'orfévrerie, monnaies, médailles, les quantités de métal pur et d'alliage sont garanties par un contrôle posé par l'administration, après vérification faite du *titre*.

La détermination de ce *titre* est effectuée, dans les bureaux de garantie et les hôtels des monnaies, par la *voie sèche* ou par la *voie humide*. Il est nécessaire de vous donner une idée exacte de ces deux méthodes.

1° Par la *voie sèche*. — On pratique l'essai par la voie sèche au moyen de la *coupellation*.

Cette opération repose sur la propriété que présentent les *coupelles* en phosphate de chaux (*fig.* 110), de laisser écouler les oxydes fondus, comme un tamis très-serré, et d'être imperméables aux métaux, de sorte que ceux-ci restent à leur surface, tandis que les premiers passent à travers leurs parois. On ajoute à l'alliage que l'on veut titrer une certaine quantité de plomb *pauvre* ou aussi pur que possible[1], pour que l'oxyde de plomb qui se produit pendant la chauffe puisse dissoudre l'oxyde de cuivre, et l'entraîner avec lui à travers les pores de la coupelle.

Fig. 110. — Coupelles en phosphate de chaux, en perspective et en section verticale.

[1] Le plomb est pour ainsi dire inséparable de l'argent, et il en contient toujours une quantité plus ou moins notable; on appelle *pauvre* celui qui en contient le moins, et, d'après Sage, le plus pauvre en renferme encore 864 dix-milligrammes par kilogramme. Cette minime proportion n'influe pas sensiblement sur les résultats.

La proportion de plomb à employer pour produire cet effet varie avec la nature de l'alliage. Ainsi, pour chaque gramme d'alliage, on ajoute en plomb pauvre :

5 gr.	pour l'argent au titre de	950/1000,
7 gr.	pour celui au titre de	900/1000,
10 gr.	pour celui au titre de	800/1000.

Le *fourneau de coupelle* en usage chez les essayeurs (*fig.* 111), est un fourneau à réverbère au centre duquel est une espèce de petit four mobile qu'on appelle *moufle*. Cette moufle, *m*, en terre réfractaire, et qui est destinée à recevoir les coupelles, est percée

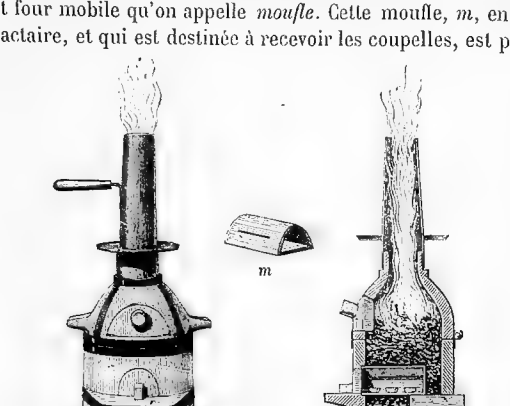


Fig. 111. — Fourneau de coupelle pour les essais d'argent.

de chaque côté d'une ou de deux fentes, pour permettre à l'air de se renouveler dans son intérieur. La section verticale de la figure 108 montre comment cette moufle est posée au milieu du combustible qui l'entoure de toutes parts.

Pour procéder à l'essai, on commence par peser très-exactement 1 gramme de l'alliage qu'on veut titrer. On enveloppe cette portion dans un morceau de papier dont on forme une espèce de papillotte. On pèse ensuite la proportion de plomb convenable à l'espèce d'alliage à essayer. On allume le fourneau en y projetant

pêle-mêle du charbon allumé et du charbon noir, en fragments ni trop gros ni trop petits.

Pendant que le fourneau s'allume, on place la coupelle au fond de la moufle, et aussitôt qu'elle a atteint le rouge presque blanc, on y met le plomb. Ce métal entre immédiatement en fusion, se débarrasse bientôt de la légère pellicule qui le salissait, et lorsqu'il est bien nettoyé, on place à la surface du bain et vers le milieu, à l'aide d'une petite pince, le fragment d'alliage pesé et enveloppé de papier. Le papier prend feu et l'alliage se dissout dans le plomb. L'hydrogène carboné, que le papier dégage par sa combustion, réduit subitement l'oxyde de plomb qui était à la surface du bain et qui aurait empêché l'argent de s'introduire dans l'intérieur de ce bain et de s'y dissoudre.

Bientôt l'oxydation commence; le plomb laisse exhaler des fumées d'oxyde; la coupelle absorbe celui qui n'est pas entraîné par le courant d'air, et le mouvement continuel que présente le bain métallique favorise singulièrement l'oxydation. L'alliage diminue de volume à mesure que le plomb s'oxyde; sa surface, plane d'abord, devient de plus en plus convexe, et l'on voit une foule de points d'apparence huileuse s'agiter à la surface du plomb. Ce sont des gouttelettes d'oxyde fondu qui se forment et s'absorbent avec une grande rapidité.

On ramène alors la coupelle vers le devant de la moufle; les gouttelettes continuent à s'y produire et présentent un mouvement qui s'accélère de plus en plus, jusqu'au moment où elles disparaissent tout d'un coup. Elles sont remplacées par les couleurs irisées les plus vives. Ces bandes colorées qui recouvrent le bouton d'alliage présentent aussi un mouvement continuel et rapide, mais leur apparition ne dure qu'un instant. Le bouton reprend l'aspect métallique, devient sombre et repasse brusquement au rouge. Ce dernier phénomène, qui porte le nom d'*éclair* et qui indique la fin de l'opération, est dû à la chaleur qui se dégage au moment où le bouton passe de l'état liquide à l'état solide. Il faut alors fermer la porte de la moufle, laisser refroidir la coupelle, la retirer ensuite, enlever le bouton d'argent, le brosser pour le débarrasser de tout oxyde adhérent et le peser. La perte de poids qu'il a éprouvée pendant la coupellation indique combien l'argent contient de cuivre ou d'autres métaux oxydables à l'air.

Il est bien essentiel de ne point retirer la coupelle du fourneau immédiatement après l'*éclair*, parce que l'argent se refroidissant trop promptement, il serait possible qu'il *végétât* ou *rochât*.

L'essai ne peut être regardé comme bon qu'autant que le bouton est bien arrondi, que sa surface supérieure est brillante, uniforme et cristalline, que sa surface inférieure est grenue et d'un blanc mat, et enfin qu'il se détache aisément de la coupelle.

Quand la surface du bouton est terne et aplatie, on regarde l'essai comme ayant eu *trop chaud*, et l'on admet qu'il y a eu volatilisation d'un peu d'argent.

Quand la teinte du bouton n'est pas uniforme, que sa surface inférieure est bulleuse et qu'il reste des écailles jaunâtres d'oxyde de plomb au fond de la coupelle, le bouton d'essai y adhère alors fortement; à tous ces signes, on juge que l'*essai a eu trop froid* et que l'argent retient encore du plomb.

2° Par la *voie humide*. — La méthode que je viens d'indiquer est remarquable par sa simplicité, mais elle ne donne pas des résultats d'une exactitude absolue. La volatilisation de l'argent et son absorption par les coupelles déterminent un abaissement de titre qui s'élève à 1 millième environ pour l'argent fin, et à 4 ou 5 millièmes pour les alliages monétaires. Aussi, dans les hôtels des monnaies emploie-t-on concurremment une autre méthode, qui a été indiquée par Gay-Lussac en 1830, et qui est connue sous le nom d'*essai par la voie humide*.

Cette méthode repose sur ce fait, que la même quantité d'argent pur ou allié exige, pour sa précipitation, une quantité constante de dissolution de chlorure de sodium. Or l'expérience a indiqué que, pour convertir 1 gramme d'argent en chlorure, il faut $0^{gr},5417$ de chlorure de sodium pur et fondu. Si donc l'on dissout 1 gramme de l'alliage d'argent dans l'acide azotique, et qu'on verse dans la liqueur une dissolution titrée de sel marin, jusqu'à ce que tout l'argent soit précipité à l'état de chlorure, on trouvera facilement le titre de l'alliage par le volume de la dissolution employée.

La réaction est fondée sur cette équation :

$$AgO,AzO^5 + NaCl = NaO,AzO^5 + AgCl.$$

La *dissolution normale* de sel marin est composée de telle ma-

nière, que dans 1 dixième de litre ou 1 décilitre elle contient autant de sel qu'il en faut pour qu'elle précipite complètement 1 gramme d'argent pur. L'instrument qui sert à mesurer cette liqueur d'épreuve est une pipette graduée de manière que 1 dixième de litre y est divisé en 100 parties, dont chacune est égale à 1 centimètre cube, et précipite 10 milligrammes d'argent (*fig.* 112). Mais pour mieux évaluer les millièmes, on se sert, en outre, d'une *dissolution décime* faite en versant 1 décilitre de *liqueur normale* dans un vase de la capacité de 1 litre qu'on achève de remplir avec de l'eau distillée. Il est évident, d'après cela, qu'un litre de *liqueur décime* peut précipiter 1 gramme d'argent, et que la millième partie ou 1 centimètre cube de la même liqueur précipite exactement la millième partie de 1 gramme ou 1 milligramme de ce métal.

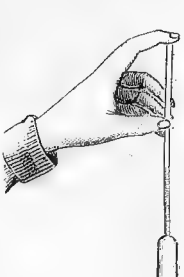


Fig. 112. — Pipette de 100cc pour mesurer la liqueur d'épreuve.

La première condition à remplir dans les essais par la voie humide étant d'opérer sur une quantité d'alliage contenant approximativement 1 gramme d'argent, on commence toujours un essai par déterminer, à l'aide de la coupellation, le titre du lingot ou de la pièce. Des tables faites avec grand soin indiquent les quantités ou les *prises d'essai* pour chacun des titres.

Soit un lingot dont le titre a été trouvé égal à 885 millièmes par la voie sèche; les tables disent qu'il faut en prendre 1gr,130 pour équivaloir à 1 gramme d'argent fin; en effet :

$$885 : 1000 :: 1000 : x = 1.\ 1299,$$ ou en nombres ronds — 1 gr. 130.

On pèse donc 1gr,130 de cet alliage; on l'introduit dans un flacon à l'émeri de 2 décilitres environ; on le dissout au bain-marie dans 5 ou 6 centimètres cubes d'acide azotique pur à 32° B.; on chasse avec un soufflet terminé par un tube de verre les vapeurs nitreuses dont l'atmosphère du flacon est remplie, et l'on introduit dans le flacon, au moyen de la grande pipette, 100 centimètres cubes ou 1 décilitre de *liqueur normale*.

On bouche le flacon et on l'agite vivement pendant 2 ou 3 minutes; la liqueur devient alors claire, et le précipité de chlorure d'argent tombe rapidement au fond du flacon.

Il est évident que si l'alliage est réellement au titre de 885 millièmes, l'argent doit être complétement précipité, et la liqueur ne doit pas renfermer un excès de sel marin. Si le titre est plus fort, il reste encore de l'argent dans la liqueur; s'il est plus faible, l'argent a été complétement précipité, mais il y a dans la liqueur un excès de sel marin.

Pour s'en assurer, on mesure 1 centimètre cube de la *liqueur salée décime* dans une petite pipette faite exprès, et on la laisse tomber d'un jet continu dans le flacon. S'il reste de l'argent dans le liquide clair, il se forme un nuage blanc très-sensible; on agite de nouveau, et on verse dans la liqueur éclaircie un second centimètre cube de *dissolution décime*.

Supposons qu'après avoir ajouté 2 centimètres cubes de celle-ci, et avoir observé deux fois un nuage blanc, l'addition d'un troisième centimètre cube ne produise plus de précipité; il est évident que ce troisième centimètre cube, n'ayant déterminé aucun trouble, ne doit pas être compté en totalité; on en prend la moitié, ce qui fait 2 centimètres cubes 1/2 de *liqueur décime* employée.

On a alors, pour la quantité d'argent contenue dans la prise d'essai (1^{gr},130), 1000 milligrammes de *dissolution normale*, représentant 1 gramme d'argent pur, plus 2^{cc},5 de *dissolution décime* représentant 2 milligrammes 1/2 d'argent, soit en tout 1002,5 d'argent. Pour ramener le titre à 1000 ou à 1 gramme d'alliage, on pose donc la proportion suivante :

$$1130 : 1002{,}5 :: 1000 : \frac{10025 \times 1000}{1130} = 0{,}887{,}10.$$

La pièce est donc au titre de 887 millièmes.

Pour éviter ces calculs, Gay-Lussac a encore dressé des tables par lesquelles on arrive immédiatement au titre, d'après les données de l'expérience.

Si le premier centimètre cube de *liqueur décime* qu'on verse dans la solution d'argent qui a déjà reçu le décilitre de *liqueur normale*, ne produit pas de nuage blanc, il est clair que l'alliage n'a pas un titre supérieur à celui indiqué par la voie sèche, mais

il peut être au-dessous; dans ce cas, il doit y avoir un excès de sel marin dans le liquide. C'est ce que l'on reconnaît au moyen d'une dissolution d'azotate d'argent contenant 1 gramme d'argent pur par litre et qu'on appelle *liqueur décime d'argent*.

On commence donc par verser, dans le flacon d'essai, 1 centimètre cube de *liqueur décime d'argent*, qui précipite le centimètre cube de *liqueur salée décime* que l'on avait ajouté et que l'on doit neutraliser. On éclaircit la liqueur par l'agitation, puis on ajoute un nouveau centimètre cube de *liqueur décime d'argent;* s'il produit un trouble, on agite de nouveau le flacon et on verse un second centimètre cube de même liqueur d'épreuve dans le liquide éclairci. On continue jusqu'à ce que l'addition d'un nouveau centimètre ne trouble plus le liquide du flacon.

Supposons qu'il ait fallu employer 4 centimètres cubes de *liqueur décime d'argent;* le dernier centimètre cube n'ayant pas servi, on l'efface, et l'on prend la moitié du troisième. On a donc réellement employé 2 centimètres cubes et demi de liqueur d'épreuve pour décomposer le sel marin resté libre après l'addition du décilitre de liqueur normale salée. C'est donc 2 millièmes et demi qu'il faut retrancher du titre $\frac{885}{1000}$, et le titre exact sera $\frac{882.5}{1000}$.

Essais des alliages d'or. — La coupellation s'applique aussi aux alliages de l'or, mais comme on doit toujours y supposer de l'argent, et qu'ils n'en contiennent jamais que très-peu, il faut combiner ces alliages avec une certaine quantité d'argent, en même temps qu'on les coupelle, et traiter ensuite le bouton d'essai par l'acide azotique, opérations qui prennent, la première, le nom d'*inquartation*, et la dernière le nom de *départ*. Par ce moyen, on parvient à dissoudre et l'argent qu'on a ajouté, et celui qui fait partie de l'alliage, tandis qu'autrement, l'argent de l'alliage étant enveloppé d'or, il n'y aurait tout au plus que celui de la surface qui se dissoudrait dans l'acide.

Les essais d'or sont toujours faits sur $\frac{1}{2}$ gramme; mais la quantité de plomb et d'argent qu'on ajoute varie en raison du titre de l'or. La quantité d'argent doit être à peu près trois fois celle de l'or présumé dans l'alliage. Quant à la quantité de plomb, elle croît avec la quantité de cuivre. Voici les proportions employées habituellement :

Par $\frac{1}{2}$ gramme des alliages suivants, on emploie :

	En argent	En plomb pur.
1° Monnaie au titre de 900/1000. . .	1gr,35	7gr.
2° Or au titre de 990/1000.	1gr,35	4
3° Or au titre de 750/1000.	1gr,35	10

Voici comment l'on procède à un essai de ce genre. Je prendrai comme exemple l'analyse d'une pièce de 20 francs.

Lorsque la coupelle est à 30 ou 32° du pyromètre de Wedgwood, l'on y met 7 grammes de plomb pur, et lorsque le plomb est découvert, l'on y ajoute $\frac{1}{2}$ gramme d'or et 1gr,35 d'argent fin, enveloppés tous deux dans le même cornet de papier. Tous les phénomènes que j'ai décrits précédemment s'observent encore ici, et l'on reconnaît aux mêmes signes que l'opération est terminée. On la conduit donc comme celle de la coupellation de l'argent; seulement, comme l'essai n'est point sujet à rocher, l'on se dispense, au moment où il est près de passer, de rapprocher la coupelle de l'ouverture de la moufle.

La coupellation étant faite, et le bouton brossé par-dessous avec le gratte-brosse, on l'aplatit sur une enclume avec un marteau, on le recuit, c'est-à-dire qu'on le chauffe au rouge, pour qu'il ne se gerce pas en passant au laminoir, on le lamine de manière à obtenir une lame de 37 centièmes de millimètre d'épaisseur, on le recuit de nouveau, et on le roule en forme de cornet (*fig.* 113).

Fig. 113. — Or roulé en cornet pour les essais.

Fig. 114. — Matras d'essayeur.

Ce cornet est alors introduit avec 70 à 72 grammes d'acide azotique à 22°, dans un petit matras pyriforme (*fig.* 114) chauffé au moyen d'un bec de gaz. Après vingt-deux minutes d'ébullition, on décante la liqueur et on y substitue 30 à 36 grammes d'acide azotique à 32° pour enlever les dernières traces d'argent; après dix minutes d'ébullition, on remplace l'acide par de l'eau distillée, et après plusieurs lavages, on retire avec précaution le cornet qu'on sèche et qu'on fait rougir

dans la moufle pour lui donner de la cohésion. On le pèse après son refroidissement.

Épreuve à la pierre de touche. — Les essayeurs du commerce, les orfévres, les bijoutiers ont souvent recours, pour fixer à 10 ou 20 millièmes près le titre des bijoux et des autres objets qu'on ne peut pas soumettre à la coupellation à moins de les détruire, à l'épreuve par la *pierre de touche* ou l'*essai au touchau*.

La *pierre de touche*, nommée autrefois *pierre lydienne* parce que les anciens la tiraient de la Lydie, n'est autre chose actuellement qu'un basalte noir, très-dur, inattaquable par les acides, qu'on fait venir de diverses parties de l'Allemagne ; sa surface est assez rugueuse pour retenir les traces pulvérulentes des alliages qu'on frotte sur elle. Voici comment l'on s'en sert.

On frotte à plusieurs reprises sur la pierre l'objet à essayer, de manière à y former une trace ou *touche* de 4 à 6 millimètres de longueur sur 2 à 3 millimètres de largeur environ ; on mouille cette touche avec une barbe de plume ou un bouchon trempé dans une eau régale composée de 984 grammes d'acide azotique à 32° et de 16 grammes d'acide chlorhydrique à 21°. Le cuivre se dissout en colorant la liqueur en vert plus ou moins foncé, tandis que l'or pur reste sur la pierre ; on essuie légèrement avec un linge fin et on examine alors ce qui reste de la touche primitive.

Quand on n'a pas l'habitude nécessaire pour apprécier par ce moyen la teneur en or pur de l'alliage, on fait des épreuves comparatives avec des différents alliages connus, moulés en petites lames ou en boutons et qu'on appelle *touchaux*. L'or qu'on essaye est au même titre que la lame ou le bouton dont la trace métallique ressemble le plus à la sienne.

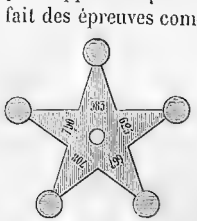


Fig. 115. — Touchaux des orfévres.

Les *touchaux* des orfévres sont des étoiles (*fig.* 115) composées de lames ou boutons à cinq titres différents : 583 — 625 — 667 — 708 et 750.

On se sert aussi des touchaux pour reconnaître le titre des objets en argent. Dans ce cas, ils portent huit lames ou boutons à diffé-

rents titres, à savoir : 700 — 720 — 740 — 760 — 780 — 800 — 950 — et 1000.

On peut très-facilement, au moyen de la pierre de touche, distinguer les pièces fausses d'or et d'argent qui circulent souvent dans le commerce. Ainsi, une monnaie d'or fausse laisse un trait rouge sur la pierre, et ce trait disparaît de suite par quelques gouttes d'acide azotique pur. — Les pièces d'argent fausses, faites habituellement avec des alliages de plomb et d'étain durcis par l'antimoine, donnent sur la pierre des traces d'un blanc bleuâtre, qu'une goutte ou deux d'eau régale font complétement disparaître.

TITRE DEUXIÈME

PRODUITS ET ARTS CHIMIQUES DÉRIVANT DE L'EXPLOITATION DU RÈGNE ORGANIQUE

L'industrie de l'homme s'exerce sur un nombre infini de matières végétales et animales et sait les approprier à nos divers besoins, soit en se bornant à les extraire ou à les purifier, soit en les associant les unes aux autres pour en faire des mélanges ou des combinaisons, soit en leur faisant subir certaines transformations ou métamorphoses qui les convertissent en produits nouveaux susceptibles d'applications plus variées ou plus importantes que les substances premières dont ils dérivent.

Voici l'ordre dans lequel je vais étudier avec vous les arts chimiques qui ressortent de cette seconde division de la chimie appliquée :

1. *Travail et mise en œuvre des principes organisés.*
2. *Principes et produits immédiats employés journellement.*
3. *Produits dérivant de la décomposition des matières organiques par le feu.*
4. *Produits dérivant de la destruction ou de la métamorphose des matières organiques par la fermentation.*

CHAPITRE PREMIER

TRAVAIL ET MISE EN ŒUVRE DES PRINCIPES ORGANISÉS

Plusieurs matières distinctes, tissus ou organes des plantes et des animaux, sont utilisées dans l'état où la nature nous les présente, ou après avoir subi quelques opérations mécaniques et chimiques qui ont pour but de les dépouiller des corps étrangers

qui nuisent aux qualités précieuses qui en font rechercher l'emploi.

De ce nombre sont : les *fécules* dont on se nourrit; les *fibres végétales* avec lesquelles on confectionne des fils, des toiles et du papier; les *os* dont on extrait de la gélatine; la *peau* que l'on convertit en cuir; la *laine* et la *soie* qu'on file et qu'on tisse pour en faire des vêtements.

EXTRACTION DES FÉCULES.

C'est surtout de la pomme de terre et des graines céréales qu'on extrait en grand les fécules qui jouent un rôle important dans l'industrie et l'économie domestique.

Fécule de pommes de terre. — Des nombreuses variétés de

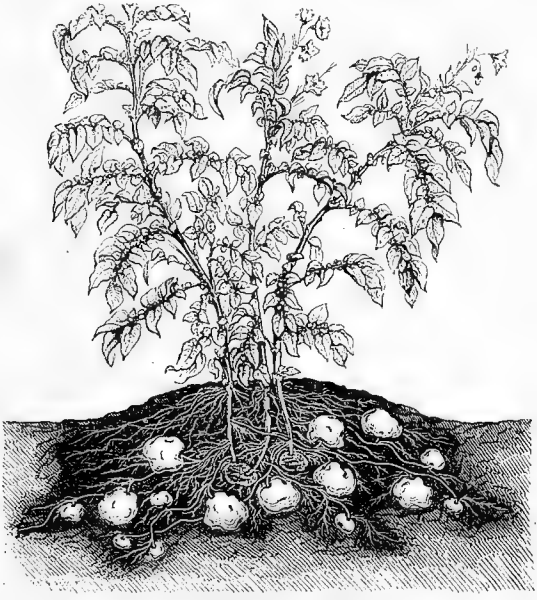


Fig. 116. — Pomme de terre patraque jaune.

pommes de terre (*solanum tuberosum* des botanistes), les plus riches en fécule, celles par conséquent qui sont employées de préférence

à l'obtention de ce produit, sont les *patraques* à tubercules arrondis plus ou moins volumineux, et spécialement la *patraque jaune* (*fig.* 116), qui renferme jusqu'à 25 pour 100 de fécule et produit 25000 kilogrammes de tubercules par hectare.

L'extraction de la fécule, qui ne nécessite qu'un petit nombre d'opérations très-simples et purement mécaniques, a lieu pendant les mois d'automne et d'hiver. Vous savez déjà qu'il suffit de déchirer le tissu cellulaire du tubercule, de laver la pulpe qui en résulte sur des tamis, pour isoler la matière féculente et l'avoir presque pure. En grand, on opère avec des appareils qui réduisent la main d'œuvre à fort peu de chose. Voici l'un des plus employés (*fig.* 117).

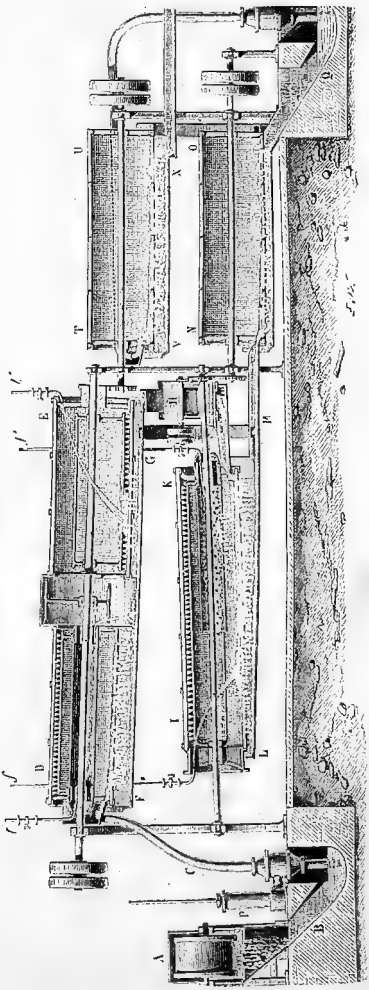


Fig. 117. — Appareil pour l'extraction de la fécule.

Il se compose de quatre tamis cylindriques et de deux râpes montées sur un même bâti. Avant d'y apporter les tubercules, on a eu soin de les débarrasser de la terre adhérente en les faisant passer dans un laveur cylindrique horizontal, formé de tringles en fer ou en bois, et tournant avec une vitesse de 10 à 15 tours par minute, dans une caisse en bois à moitié remplie d'eau.

Une première râpe A, constituée par un cylindre armé parallèlement à l'axe de petites lames de scie saillantes de 2 millimètres environ et écartées les unes des autres de 2 centimètres, reçoit les tubercules lavés et les déchire pendant qu'un filet d'eau coule constamment à sa surface ; elle marche avec une vitesse de 700 à 800 tours par minute. La pulpe qui en provient tombe dans un récipient B à plan incliné ; une pompe aspirante P la monte par le tube C dans un premier tamis D E, où des jets d'eau sortant des tubes *t*, *t'* la délayent et la font tomber sur le plan incliné F G pour se rendre dans la deuxième râpe H. Celle-ci achève la division des morceaux échappés à la première râpe.

La pulpe, dite *gâchis* dans les usines, passe dans un second tamis I K, où des jets d'eau sortant des tubes *f f'* l'épuisent et d'où elle s'échappe dans un réservoir extérieur. Quant à l'eau chargée de fécule provenant des deux premiers tamis, elle s'écoule par le récepteur L M dans un premier tamis épurateur N O et se dirige de là vers un récipient Q où une deuxième pompe aspirante P' la remonte au moyen du tube recourbé Z dans un second tamis épurateur T V.

La fécule, séparée par ces différents tamisages de la pellicule qui l'enveloppait et à laquelle on donne le nom de *son* dans les usines, est entraînée par l'eau sur le récepteur V X Y qui la dirige soit dans de grandes cuves où elle se dépose et dans lesquelles on opère son dernier lavage, soit sur des plans légèrement inclinés où elle s'arrête tandis que les matières floconneuses grisâtres qui la salissaient disparaissent avec le liquide qui les tient en suspension.

La fécule, bien épurée, est délayée dans un peu d'eau et versée dans de petits baquets de bois ou *bachots* percés de trous et garnis intérieurement d'une toile. En s'égouttant, elle se prend en masse et forme des pains qu'on transporte dans un séchoir à air libre dont le sol est formé par une couche épaisse de plâtre qui aide à

la dessiccation en absorbant une grande partie de l'eau interposée. Après 24 heures de séjour, elle en retient encore de 33 à 45 pour 100. Dans cet état, elle prend le nom de *fécule verte*, et on la livre aux fabricants de glucose.

Quant à celle qui doit être vendue sous le nom de *fécule sèche*, bien qu'elle renferme encore 18 pour 100 d'eau, on la porte dans une étuve à air chaud, dont la température, pendant les premières heures, ne dépasse pas 40 à 50°, mais qu'on élève progressivement jusqu'à 70 et même 80°. 18 à 20 heures d'étuvage suffisent. On la fait ensuite passer entre des cylindres en bronze pour écraser les morceaux légèrement agglomérés, on la blute et on la met en sacs ou en paquets.

La *fécule sèche* se conserve indéfiniment pourvu qu'on la tienne à l'abri de l'humidité, car autrement elle ne tarde pas à s'hydrater, à jaunir et à se gâter.

Le produit est habituellement de 16 à 17 pour 100 de fécule sèche commerciale.

Amidon des céréales. — L'extraction de l'amidon des graines céréales est moins facile, attendu que dans ces graines les granules féculents sont emprisonnés dans un tissu cellulaire azoté dont je vous ai déjà parlé sous le nom de *gluten*.

C'est exclusivement le blé qui sert aujourd'hui à cette extraction, et dans les années de mauvaise récolte on emploie de préférence celui qui a été gâté ou avarié. Deux procédés très-différents sont en concurrence; l'un repose sur la destruction du gluten, l'autre sur sa simple séparation mécanique.

1. *Procédé par fermentation.* — Le plus ancien de ces procédés, encore en usage dans nombre d'établissements, consiste à exposer les grains à une longue fermentation. Voici comment on agit.

Les grains bien nettoyés et concassés entre deux cylindres, sont mis avec quatre à cinq fois leur volume d'eau dans de grandes cuves de bois installées dans un atelier où règne une température constante de 15 à 18°. Pour hâter la fermentation, on y ajoute une certaine quantité d'*eau sure* ou *grasse* provenant d'opérations antérieures; elle opère comme *levain* en raison des principes azotés qu'elle renferme. Bientôt la masse entre en mouvement. Le sucre contenu dans les grains éprouve la fermentation alcoolique; il se produit ensuite des acides acétique, lactique, butyrique, qui dis-

solvent la plus grande partie du gluten et les sels minéraux du blé; mais le restant du gluten éprouvant une décomposition putride complète, il se forme de l'ammoniaque, il se dégage de l'hydrogène sulfuré et autres matières infectes, en sorte qu'une odeur intolérable se répand dans le voisinage de l'atelier. Ces phénomènes durent de 15 à 30 jours, suivant la température ambiante.

Il ne reste donc plus des grains désagrégés que les globules féculents et les débris ligneux, qui se déposent au fur et à mesure au fond des cuves. Lorsque le dépôt est complet, on fait écouler les eaux, et on opère la séparation des débris ligneux qui forment une couche grisâtre à la surface de l'amidon, soit par des lavages sur des plans inclinés pareils à ceux qui servent à la purification de la fécule de pommes de terre, soit au moyen de tamis métalliques de plus en plus fins sur lesquels on lave le dépôt des cuves et qui retiennent le *son*.

L'amidon est remis en suspension, isolé du *petit son* qui le salit encore par plusieurs lavages à l'eau pure, et mis en dernier lieu à égoutter dans des bachots ou dans des paniers d'osier garnis de toile. Les blocs qu'on obtient ainsi sont renversés sur l'aire en plâtre d'un grenier, afin de les raffermir, puis rompus à la main en quatre segments égaux; on racle ensuite leurs surfaces; on les entoure de papier et on les fait sécher rapidement dans une étuve à courant d'air chaud.

Pendant cette dessiccation qui demande 5 jours, il se produit des retraits inégaux dans la masse des pains, en sorte qu'elle se divise en baguettes ou prismes irréguliers, qu'on livre au commerce sous le nom d'*amidon en aiguilles*.

2. *Procédé mécanique nouveau.* — Dans ce procédé, imaginé en 1837 par M. Émile Martin, et qui n'est, en réalité, que la reproduction en grand du moyen qu'on emploie dans les laboratoires pour séparer le gluten et l'amidon de la farine [1], on convertit la farine de blé en pâte avec de l'eau, absolument comme s'il s'agissait d'en faire du pain, puis on la soumet dans une sorte d'auge allongée, nommée *amidonnière* (*fig.* 118), à l'action d'un cylindre en bois cannelé tournant sur son axe.

[1] Voir *la 3e année du Cours*, p. 136.

Ce cylindre, par son frottement et son mouvement oscillatoire de va-et-vient sur la pâte, sans cesse arrosée par un filet d'eau, opère en peu de temps la séparation de l'amidon, qui est entraîné

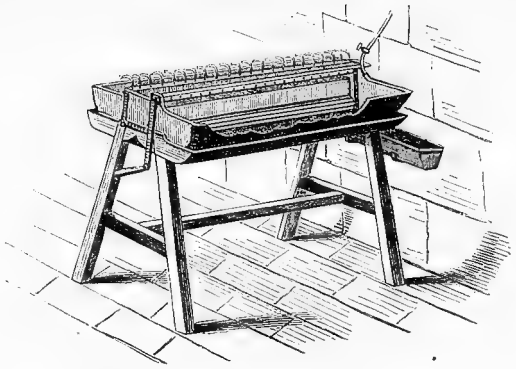


Fig. 116. — Amidonnière de M. E. Martin.

à travers une toile métallique dans un récipient inférieur. Il ne reste bientôt plus dans l'amidonnière que le gluten *vert* ou humide, formant un corps tendineux et élastique.

Pour débarrasser l'amidon de quelques portions de gluten qu'il a entraînées avec lui, on soumet le produit brut à une légère fermentation dans des cuves, après l'avoir délayé dans trois fois son volume d'eau additionnée de 5 pour 100 d'*eau sure*. Après six à dix jours, suivant la saison, on purifie et on dessèche l'amidon, comme dans l'ancien procédé.

Indépendamment de ce que le procédé de M. E. Martin est moins long et moins insalubre que l'ancien mode par trempage et fermentation, il a, de plus, l'immense avantage d'être plus productif, puisque de 100 kilogrammes de froment de bonne qualité il permet d'obtenir 50 kilogrammes d'amidon et 20 à 25 kilogrammes de gluten frais, tandis que l'autre ne fournit que 35 à 40 kilogrammes d'amidon et entraîne la perte totale du gluten.

Or il n'est pas de matière plus rapprochée de la fibrine de la chair que le gluten de blé, sous le rapport des propriétés et de la valeur nutritive. On l'utilise donc maintenant dans l'alimentation.

Il sert à préparer un pain sans farine pour les personnes atteintes de la maladie du *diabète* ; on en fabrique une pâte à potage préférable aux vermicelles et aux macaronis d'Italie.

Dans ce dernier cas, on incorpore au gluten frais le double de son poids de farine, on le réduit en petits grains qu'on fait sécher à l'étuve, et on le vend sous le nom de *gluten granulé*. On en consomme actuellement une grande quantité. C'est une matière précieuse pour animaliser, c'est-à-dire pour rendre plus nourrissantes et plus digestibles, les préparations culinaires faites avec le riz et la pomme de terre. Ce même gluten frais mêlé avec du son, un peu de mélasse et du sel, constitue un excellent aliment pour les bestiaux.

Malheureusement le procédé de M. E. Martin ne peut s'appliquer qu'aux blés de bonne qualité, attendu qu'avec les blés échauffés ou avariés la séparation du gluten est impossible, ce principe ayant perdu ses propriétés élastiques et agglutinatives, ce qui fait qu'il est entraîné avec l'amidon en petits grains isolés.

Deux industries chimiques spéciales exploitent la fécule et l'amidon, à savoir la fabrication de la *dextrine* et celle du *glucose*. C'est ici le lieu de vous en parler.

Fabrication de la dextrine. — Ce produit isomérique avec la matière amylacée s'obtient en grand de deux manières différentes : par les acides ou par la chaleur seule.

1° *Procédé par les acides.* — On mouille 1000 kilogr. de fécule sèche avec 500 kilogr. d'eau, auxquels on a ajouté préalablement 2 kilogr. d'acide azotique à 36° ou 40°. La pâte est mise à dessécher à l'air libre, écrasée ensuite avec une pelle, puis étendue en couches de 3 à 4 centimètres sur des plaques en tôle munies de rebords qu'on empile dans une étuve à air chaud (*fig.* 119) maintenue entre 110 à 120°. Au bout de deux heures à deux heures et demie, tout l'acide s'est évaporé et la matière ne renferme plus que fort peu de fécule non transformée. Elle est entièrement soluble, et sa dissolution se colore en pourpre par l'iode.

Ce procédé, dû à M. Payen, donne de la dextrine blanche conservant l'aspect de la fécule. On l'appelle dans le commerce *dextrine blanche, fécule soluble ou gommeuse, dextrine Heuzé.*

On obtient un produit encore plus blanc en substituant l'acide chlorhydrique à l'acide azotique. On lui donne le nom de *gommeline*.

2° *Procédé par la chaleur*.—On opère également la transformation par la chaleur seule, mais elle est toujours moins complète,

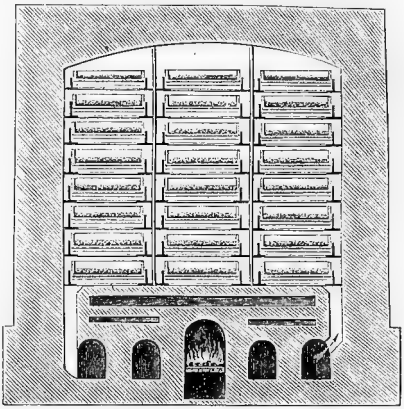


Fig. 119. — Étuve à air chaud pour la fabrication de la dextrine.

et les produits obtenus ont une couleur rousse plus ou moins foncée.

Tantôt on étend la matière amylacée sur des plaques de tôle qu'on dispose comme ci-dessus dans une étuve à air chaud ; on porte et on maintient pendant trois heures la température à + 180°, si l'on agit sur l'amidon, à 200° si c'est la fécule.

Tantôt on enferme la matière dans un cylindre de cuivre ou de fonte qui plonge dans un bain d'huile maintenue à 180 ou 200°; et pour rendre l'opération plus rapide, on fait fonctionner dans l'intérieur du cylindre un agitateur disposé suivant l'axe.

L'*amidon grillé* est toujours plus foncé que la *fécule torréfiée*. Celle-ci est plus connue dans le commerce sous les noms de *leïocome* et *leïogome*.

Fabrication du glucose. — Il y a quatre sortes de glucose

dans le commerce, dont je vais vous indiquer les modes de préparation :

1° *Sirop de blé* ou *dextrine sucrée.* — C'est un mélange de glucose et de dextrine, spécialement destiné aux confiseurs et aux brasseurs. On le prépare ainsi qu'il suit :

Dans une chaudière à double enveloppe *a* chauffée par la vapeur (*fig.* 120), on introduit 350 à 400 kilogr. d'eau qu'on porte

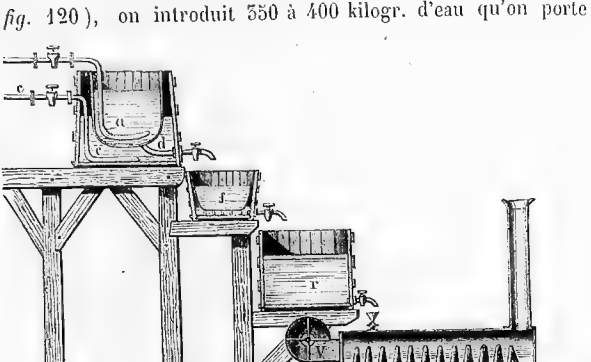


Fig. 120. — Appareil pour la fabrication du sirop de blé.

immédiatement à + 25 ou 30° par un jet de vapeur dans le bain-marie *c*; on y délaye 5 à 10 kilogr. d'orge germée moulue (*malt*), et on continue à chauffer jusqu'à + 75°; alors on ajoute peu à peu 100 kilogr. de fécule en agitant; on maintient la température du liquide au même point pendant une vingtaine de minutes. De visqueux, opaque et filant qu'il était, il paraît bientôt fluide comme de l'eau ; lorsque la teinture d'iode, versée dans un peu de ce liquide retiré de la chaudière *a* et refroidi ne développe plus qu'une teinte rouge, on arrête l'action de la diastase en portant rapidement la température à 100° par une injection directe de vapeur au moyen du tube *c*.

Après quelque temps d'ébullition, on fait écouler le liquide, par le tuyau à robinet *d* dans un filtre-Dumont, rempli de noir

animal *f* qui le rend limpide et incolore dans un récipient commun *r*. On le concentre enfin jusqu'en consistance sirupeuse dans une chaudière *m* où se meut un serpentin en hélice que parcourt un courant de vapeur et dans laquelle l'évaporation est encore accélérée par un ventilateur *v* qui entraine au dehors les vapeurs aqueuses au fur et à mesure de leur formation.

Le sirop, ainsi produit, est incolore, d'une saveur agréable, et tellement visqueux quand il est froid, qu'on ne peut y faire flotter un aréomètre. De là, le nom de *sirop impondérable* qu'on lui donne souvent dans le commerce.

2° *Sirop de fécule.* — Ici la saccharification de la fécule s'opère au moyen de l'acide sulfurique faible. Dans une grande cuve en bois de la capacité de 6000 litres et couverte, au fond de laquelle circule un tube de plomb contourné, percé d'une petite ouverture pour laisser passer la vapeur qu'il reçoit d'un générateur à haute pression, on introduit 5000 litres d'eau et 42 kilogrammes d'acide sulfurique à 66°; on lâche la vapeur pour porter le mélange à 104°, et l'on y fait couler, en un filet continu, 2000 kilogrammes de fécule délayée dans environ 2000 litres d'eau à 50 ou 60°. Trente à quarante minutes après la dernière addition de fécule, la saccharification est complète, ce que l'on reconnait au moyen de la teinture d'iode, qui ne produit plus de coloration dans le liquide refroidi sur une assiette.

On arrête alors l'arrivée de la vapeur, et on projette dans la cuve de la craie pulvérisée, par petites portions à la fois, pour neutraliser l'acide sulfurique dont le rôle est accompli. On laisse en repos pendant douze heures, on fait passer la liqueur sur des filtres-Dumont, puis on la concentre jusqu'à 30° dans une chaudière à vapeur pareille à celle figurée ci-dessus.

Le sirop, ainsi obtenu, est gardé pendant quelque temps dans des tonneaux pour qu'il laisse déposer le sulfate de chaux qu'il tient en dissolution; il est filtré de nouveau sur le noir animal ; il est alors clair et très-beau, mais il a une saveur désagréable due à du sulfate de chaux et à une huile essentielle qui se produit sous l'influence de l'acide sulfurique.

3° *Glucose en masse.* — En concentrant le sirop précédent jusqu'à 40 ou 41° Baumé, et le coulant, lorsqu'il est suffisamment refroidi, dans des tonneaux, il se prend en masse d'un blanc jau-

nâtre, opaque et tellement dure qu'il faut la casser à coups de marteau ou de hache pour l'enlever.

Le sirop et le glucose en masse sont achetés par les brasseurs et par les vignerons pour l'amélioration des vins de qualités inférieures.

4° *Glucose granulé.* — Si le sirop décoloré et cuit à 32° est introduit et conservé pendant une huitaine de jours dans des tonneaux dont le fond est percé de petits trous bouchés par des faussets en bois, il cristallise en agglomérations tuberculeuses. Lorsque la masse s'est solidifiée en majeure partie, on enlève les faussets pour que la mélasse s'écoule ; on place le sucre sur des plaques de plâtre dans un séchoir chauffé à 25°, et quand il est sec, on le passe au crible afin de l'avoir en petits grains détachés, ressemblant à ceux de la cassonade blanche.

En été, pour prévenir la fermentation, on ajoute dans chaque tonneau 2 décilitres d'eau chargée d'acide sulfureux.

Le glucose granulé est préférable au glucose en masse ; on l'applique malheureusement à la falsification des miels communs et des cassonades.

MATIÈRES TEXTILES ET FILAMENTEUSES

Les matières organiques qu'on utilise dans l'industrie et dans l'économie domestique pour la confection des fils, des tissus, des cordes, du papier, etc., sont ces fibres textiles que l'esprit inventif de l'homme a su extraire des tiges flexibles du chanvre et du lin, des fruits du cotonnier, de la toison des animaux, de la coque du ver à soie.

Nous devons étudier à part les fibres végétales et les fibres animales, attendu que leur composition et leurs propriétés sont loin d'être identiques.

Matières textiles végétales. — Les plantes textiles sont en assez petit nombre. Au premier rang se trouvent le lin, le chanvre, le coton, dont l'usage est, pour ainsi dire, commun à tous les peuples. Ce n'est que dans les localités plus ou moins restreintes qui les produisent, qu'on tire parti de quelques autres, telles que : le *Jute* ou *Chanvre du Bengale* (*Corchorus capsularis*), l'*Abaca* ou *Chanvre de Manille* (*Musa textilis*), le *Chanvre blanc* ou de *Haïti*

(*Agave americana*), l'*Aloès* ou *Piassaba* (*Agave cubensis* et *Agave fœtida*), le *Pitte* ou *faux aloès* (*Furcroya gigantea*), le *Lin de la Nouvelle-Zelande* (*Phormium tenax*), le *Piña* ou *Pigna des Philippines* (*Bromelia ananas*), l'*Ortie de Chine* ou *China-grass* (*Urtica nivea*), le *Palmier à pagnes* ou *Ruffia* (*Sagus rufia*), le *Genêt d'Espagne* (*Genista juncea*), le *Sparte* (*Lygeum spartum*), l'*Alfa* et le *Diss* des Arabes (*Stipa tenacissima* et *Arundo festucoïdes*), etc.

Laissons de côté ces plantes pour ne nous occuper que des trois premières qui sont la base des industries textiles en Europe.

Du lin. — Le lin (*fig.* 121) est une plante annuelle, de 65 centimètres à 1 mètre d'élévation, qui est originaire du grand plateau de la haute Asie, et qui est cultivée, depuis l'antiquité la plus reculée, en Orient, en Égypte et dans toute l'Europe. C'est elle qui a fourni les premiers vêtements à l'homme.

Fleur grossie.

Fruit grossi.

Fig. 121. — Lin cultivé.

Les pays étrangers qui s'adonnent le plus à sa production sont l'Italie, l'Irlande, les bords de la Baltique, la Russie, la Sibérie, la Saxe, la Westphalie, la Hollande et la Belgique. En France, c'est surtout dans nos départements du Nord et de l'Ouest, notamment en Flandre et en Normandie que sa culture est le plus développée; elle existe aussi dans le Maine, en Anjou, en Bretagne, dans le haut Languedoc et en Gascogne.

Sur les cinquante espèces de lin connues, il n'y en a qu'une seule que l'industrie exploite; c'est le *lin commun* ou *lin cultivé*

(*linum usitatissimum* des botanistes), dont on distingue deux variétés : le *lin d'hiver* ou *lin chaud*, plus recherché pour la production des graines que pour celle de la filasse ; le *lin d'été* ou *in froid*, cultivé exclusivement dans la Flandre et la Normandie.

Lorsque la plante a été récoltée, séchée et séparée de ses graines au moyen du battage ou du peignage entre des dents en

Fig. 122. — Peigne pour détacher les graines des tiges du lin.

fer fixées sur un banc, comme on le voit dans la figure 122, on la soumet à l'opération du *rouissage*.

Cette opération a pour but de dénaturer et de faire disparaître en grande partie les diverses substances étrangères à la cellulose, qui agglutinent et qui collent sur la tige du lin les fibres textiles qui sont sous l'épiderme et qui forment ce qu'on appelle vulgairement la *teille* ou la *filasse*. Ces substances agglutinatives consistent en gomme, pectine, albumine, cire, résine, sucre et chlorophylle.

Tantôt on *rouit sur terre* en étendant les tiges sur l'herbe courte des prairies, en les retournant plusieurs fois par semaine, jusqu'à ce que la filasse se détache avec facilité de la partie ligneuse au haut de la plante où elle adhère le plus. Ce mode de rouissage, qui dure de 30 à 40 jours, est certainement le plus économique, mais il ne convient que pour les produits textiles de faible valeur.

Tantôt, on rouit par immersion dans l'eau, en enfonçant les

bottes de lin dans une rivière, un ruisseau, un étang, ou dans des cuves en maçonnerie disposées, comme dans la Saxe prussienne (*fig.* 123), de manière que la masse de l'eau se renouvelle

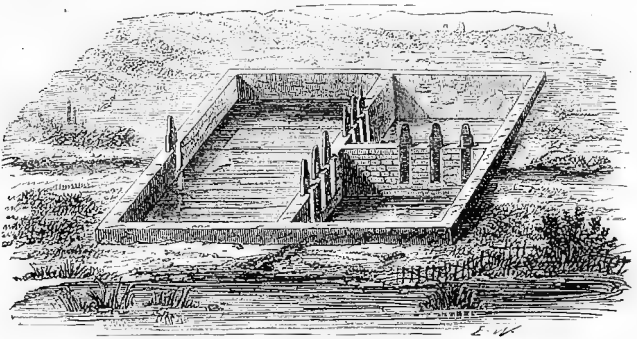


Fig. 123. — Routoir à courant d'eau de la Saxe prussienne.

lentement au moyen d'un faible courant ayant entrée par un bout et s'échappant par l'autre, ou enfin dans l'eau dormante de fosses ou cuves creusées en terre et qu'on appelle *routoirs*.

La fermentation qui se développe au sein des tiges accumulées fait des progrès d'autant plus rapides que la température ambiante est plus élevée et que les eaux ont un cours plus lent. Celles-ci ne tardent pas à se troubler, à se colorer, à acquérir une odeur fétide et à émettre de nombreuses bulles de gaz infects, parce qu'elles dissolvent en grande partie les matières organiques dont il a été question précédemment, matières que la fermentation modifie ou décompose.

Le rouissage dans une eau qui peut se renouveler, sans avoir un cours trop rapide, est celui qui convient le mieux. Sur les bords de la Lys, en France et en Belgique, en Hollande, où l'on rouit une si grande masse de lin, on donne la préférence à ce mode de rouissage. Les lins qui en proviennent sont presque blancs.

Le rouissage est une opération bien plus agricole qu'industrielle, léguée traditionnellement et dans sa simplicité primitive aux gé-

nérations actuelles, telle que l'exécutaient déjà les Celtes, les Scandinaves, les Scythes et même les Germains, lors de la conquête des Gaules. La culture et la préparation du lin étaient du domaine des femmes chez ces peuples, et c'est d'eux, au rapport de Virgile, que les Romains la reçurent.

Suivant M. Rapsaël, la production et l'extraction des fibres linières se seraient introduites dans la Flandre dès le troisième

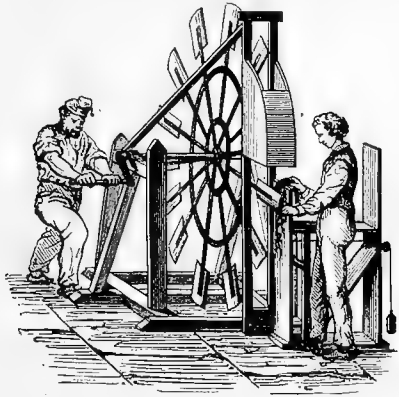


Fig. 124. — Machine de Bourdon-Quesney pour le teillage du lin.

siècle avant l'ère chrétienne, par l'invasion des hordes barbares venues des bords de la mer Noire, qui elles-mêmes les avaient probablement reçues de l'Égypte et de l'Inde.

Après le rouissage, opéré de quelque manière que ce soit, on fait sécher les tiges, et pour en détacher les fibres textiles qui n'y adhèrent plus que très-faiblement, on opère à la main ou à l'aide d'instruments fort simples (*fig.* 124) un travail purement mécanique qui prend le nom de *macquage* ou *maillage*, *écangage* ou *teillage*, *peignage* ou *serançage*. La filasse bien préparée est filée à la main ou à la mécanique, et le fil est ensuite soumis au tissage pour être converti en *dentelle*, en *batiste*, en toile de ménage. Je n'insiste pas sur toutes ces opérations, qui sortent du cadre de mon enseignement.

Du Chanvre. — Le chanvre cultivé (*Cannabis sativa* des bota-

nistes) est une plante annuelle de 1m,30 à 2m,60 de haut, originaire des régions orientales de l'ancien continent, notamment de la Perse et des Indes, mais qui, depuis des siècles, est répandue dans toute l'Europe, où on la cultive en grande quantité à cause de ses fibres textiles et de ses graines.

Elle est dioïque, c'est-à-dire que les fleurs mâles sont séparées des femelles sur des pieds différents (*fig.* 125 et 126). Les plantes qui portent les graines, nommées vulgairement *chènevis*, sont beaucoup plus fortes et plus hautes que les plantes mâles, ce qui a conduit les cultivateurs à les appeler bien improprement *chanvre mâle*.

Fig. 125. — Chanvre mâle.

La filasse que l'on extrait des deux sortes de plantes est beaucoup plus grossière que celle du lin, mais elle offre une grande solidité, et n'a pu être remplacée par aucune autre pour la fabrication des cordages et des toiles à voiles. On en fait aussi un emploi considérable pour les toiles communes de ménage, les filets de pêche, les toiles d'emballage.

La confection des cordes de toute espèce avec le chanvre remonte à la plus haute antiquité, mais l'appropriation de ses fibres

textiles à la fabrication du linge ne date, en Europe, que du commencement de l'ère chrétienne. Au temps d'Olivier de Serres, on n'en faisait encore que des tissus très-grossiers, et l'on citait comme objets d'un luxe extraordinaire, ainsi que comme un vrai tour de force du fabricant, les deux chemises de toile de chanvre que possédait la reine Catherine de Médicis. Tout le linge de corps employé jusque-là était de lin ou de coton.

Fig. 126. — Chanvre femelle.

Le chanvre fait la richesse de contrées entières. La Lombardie, le Bolonais et la Romagne en Italie; la Lithuanie, l'Ukraine, la Courlande, la Finlande et la Livonie, en Russie; le grand-duché de Bade, le Palatinat, la Prusse, la Hongrie, la Carinthie, la Styrie, la Gallicie, la Moravie, en Allemagne; l'Amérique du Nord, en font d'importantes cultures. En France, les départements qui en produisent le plus sont ceux de la Sarthe, de Maine-et-Loire, de l'Isère, du Puy-de-Dôme, du Haut et du Bas-Rhin, de la Meurthe, de la Moselle, de la Haute-Marne, de la Somme, de l'Aisne, du Finistère, d'Ille-et-Vilaine.

Le rouissage du chanvre s'effectue comme celui du lin; mais le plus généralement c'est dans les eaux dormantes qu'on opère, malgré l'infection qu'elles répandent, parce qu'elles sont plus fréquentes et que, d'ailleurs, les règlements de police s'opposent presque partout à ce que le rouissage soit pratiqué dans les cours d'eau qu'il rend insalubres et dont il détruit le poisson.

Les tiges rouies sont soumises aux mêmes opérations manuelles ou mécaniques que celles du lin pour séparer les fibres textiles de la partie ligneuse ou *chenevotte*. Celle-ci sert dans certains pays à faire des allumettes soufrées; elle fournit aussi du charbon assez convenable pour la fabrication de la poudre à tirer; mais la préparation de ce charbon est difficile à cause de la rapidité avec laquelle il se réduit en cendres.

Quant aux étoupes, c'est ainsi qu'on appelle la partie de la filasse qui reste dans les dents des peignes, on en consomme de grandes quantités pour calfater les navires, rembourrer les meubles, confectionner des bourrelets pour boucher les interstices des portes et fenêtres, etc.

Du Coton. — C'est le duvet fin et soyeux qui entoure les semences et remplit les capsules ligneuses de plusieurs espèces de plantes et d'arbustes de la famille des mauves, qui sont originaires des contrées les plus chaudes des Indes orientales et aussi, à ce qu'on croit, du Brésil et des Antilles. Peu à peu la culture s'en est répandue dans toutes les régions du globe dont la température ne descend pas au-dessous de 16°,25 à 17°,5 cent., ce qui a lieu pour les parties méridionales de l'Europe.

On ne compte pas moins de vingt espèces de cotonniers; les deux espèces les plus communes sont : le *cotonnier herbacé* (*gossypium herbaceum*), qui croît en Égypte, en Perse, dans l'Asie-Mineure et qu'on préfère dans toutes les régions voisines de la Méditerranée et aux États-Unis; c'est elle qui a servi principalement aux tentatives d'acclimatation du coton dans le midi de la France, dans les États napolitains et en Espagne;

Fig. 127. — Cotonnier en arbre.

Le *cotonnier en arbre* (*gossypium arboreum*) (*fig.* 127), arbrisseau

de 5 à 6 mètres, répandu en Égypte, en Arabie, dans les îles de l'océan Indien, d'où il a été transporté aux Canaries et dans l'Amérique du Nord. Le coton qu'il fournit est de moins bonne qualité que celui du précédent.

L'art de filer et de tisser le duvet de ces végétaux doit remonter assez loin, puisque déjà du temps d'Hérodote, vers l'an 445 avant l'ère chrétienne, tous les Indiens portaient des étoffes de coton d'une très-grande finesse. Le *byssus* ou *lin oriental* dont il est fait mention dans l'Écriture sainte n'est autre chose que le coton, dont le nom indien est *taba*. Ce sont les Arabes qui, dans les premiers siècles de notre ère, allaient chercher les étoffes de coton dans l'Inde et les apportaient à Adulis, sur la côte ouest de la mer Rouge, d'où elles se répandaient en Europe; les Grecs les appelaient *gangitiki*, nom qui indique bien qu'elles étaient fabriquées sur les bords du Gange[1].

Dès le dixième siècle, les Arabes avaient naturalisé le coton en Espagne, et au quatorzième les cotonnades de Grenade surpassaient en réputation celles de l'Orient. C'est également à cette époque que s'établirent à Venise et à Milan les premières manufactures de ce genre. C'est seulement dans le seizième siècle que la même industrie apparut en Angleterre et dans les Flandres, et il fallut un siècle entier pour qu'elle y prît tout son essor. Elle n'eut un peu d'importance en France que vers 1787, mais ce ne fut que sous le premier Empire, grâce aux efforts de Richard Lenoir, qu'elle put s'acclimater chez nous. C'est surtout en Alsace, en Normandie et dans nos départements du Nord qu'elle a reçu les plus grands développements et fait le plus de progrès.

Dans le nouveau monde, la culture et l'exploitation du coton sont fort anciennes, puisque, lors de sa découverte, la fabrication

[1] Les dénominations que portent encore plusieurs de nos tissus témoignent assez de leur origine asiatique. Ainsi, la *mousseline* doit son nom à la ville de Mossoul; la *percale* le sien à un mot de la langue tamoule, qui signifie *toile superfine*; le *calicot* le sien à la ville de Calicut, chef-lieu du Malabar, renommée pour ses fabriques de toiles. Les mouchoirs désignés en Europe sous le nom de *madras*, rappelent la ville de l'Hindoustan qui les a inventés. Il en est de même du *madapolam*, sorte de percale, plus forte que le calicot, servant à faire des chemises, des pantalons, des objets de literie.

Quant au mot *coton* ou *godon*, il dérive de l'arabe. Les Maures qui cultivaient cette plante en Espagne, y ont aussi apporté ce nom en y ajoutant l'article *al*, d'où *algodon*, nom espagnol de ce duvet.

des tissus de ce genre était déjà parvenue sur ce continent à un haut degré de perfection, et qu'au Mexique le coton servait comme matière à papier et comme monnaie courante. A partir de 1791, les États-Unis d'Amérique ont commencé à faire des exportations de ce duvet précieux en Europe, et de 86000 kilogr. qu'elles étaient d'abord, elles montèrent en 60 ans à 587 millions de kilogr., évalués à 600 millions de francs pour l'année 1853.

M. Paul Madinier fixait ainsi qu'il suit, il y a quelques années, la production annuelle en coton du monde entier; ces chiffres sont loin d'être absolus, mais ils sont comparables :

	Millions de kilogr.
États-Unis	600
Brésil	55
Amérique du Sud et Antilles	20
Hindoustan	450
Chine, Indo-Chine, Malaisie	800
Perse, Turkestan, Arabie, Asie Mineure	50
Égypte	50
Le reste de l'Afrique	50
Europe méridionale	18
Total	2053

On a évalué à plus de 4 milliards de francs, la production de l'industrie du coton dans le monde entier.

La récolte du coton se fait quelques jours après l'ouverture des capsules à quatre loges qui le renferment, ordinairement en août, septembre et octobre, suivant les pays. On enlève à la fois le duvet et les graines, en laissant les capsules sur la plante, et on les fait sécher au soleil pour rendre plus facile l'*épluchage* ou le *moulinage*, opération qui a pour but de séparer ces deux matières. Ce travail s'exécute avec des machines à cylindres de diverses formes qui saisissent le duvet et l'entraînent, en laissant les graines du côté opposé.

Le coton varie beaucoup et sous divers rapports. Sa couleur est blanche, jaune ou rougeâtre. Ses fibres sont plus ou moins soyeuses, plus ou moins fortes, et leur longueur n'est pas toujours la même. En ayant égard à ce dernier caractère, on range les nombreuses variétés commerciales en deux grandes classes : les *longues soies*, dont les filaments ont une longueur de $0^m,0202$ à $0^m,039$, et les *courtes soies* qui n'ont que $0^m,014$ à $0^m,025$. Ces

derniers ne sont jamais aussi fins, aussi soyeux, aussi élastiques et forts que les premiers.

Les États-Unis produisent les plus beaux cotons *longue soie* et *courte soie*. Avec les premiers, on fabrique les tissus les plus fins, les belles mousselines, les tulles, les percales. Les autres s'emploient pour les étoffes grossières et de finesse moyenne ; ils conviennent pour les indiennes.

Le Brésil ne fournit que des *longues soies* qui servent pour les étoffes de moyenne finesse demandant de la solidité (calicots, madapolam, bonneterie).

L'Inde et le Levant donnent des *longues soies* et des *courtes soies*.

Chaque espèce de coton se divise en trois qualités :

1° *première* ou *fleur de marchandise;* c'est la plus longue, la plus belle, la plus propre, celle qui donne le moins de déchet. On la réserve pour la chaîne.
2° *qualité marchande;* elle est ordinairement employée pour la trame.
3° *troisième* ou *qualité inférieure;* elle sert aussi pour la trame, mais pour des étoffes plus grossières.

Caractères des fibres textiles végétales. — Lorsqu'on examine au microscope les filaments du lin, du chanvre et du coton, quand ils n'ont pas encore été soumis à des manipulations ou à des torsions trop énergiques, on reconnaît facilement des différences tranchées dans leur structure.

Ainsi, le coton montre des tubes aplatis, tordus sur eux-mêmes, marqués de stries ou de points noirs inégalement disséminés, transparents dans les parties plates et offrant deux bourrelets parallèles sur leurs bords (*fig.* 128). Le diamètre de ces espèces de rubans irréguliers varie, selon les variétés, de $\frac{1}{55}$ à $\frac{1}{85}$ de millimètre.

Le chanvre offre des tubes creux, cylindriques, rigides, ouverts par les deux bouts, dont la surface est lisse comme celle d'un tube de verre, mais présentant quelques traces noires, irrégulières et des intersections opaques ou des nœuds accompagnés de petits filaments qui figurent assez bien les racines adventices de certaines plantes ; ce sont les débris du tissu environnant (*fig.* 129). Le diamètre de ces tubes varie de $\frac{1}{20}$ à $\frac{1}{30}$ de millimètre.

Quant au lin, les tubes ont la même organisation, sauf que leurs nœuds ou cloisons sont dépourvus des petits filaments qu'on voit

dans le chanvre, qu'ils sont plus fins, et que leur diamètre varie entre $\frac{1}{45}$ à $\frac{1}{35}$ de millimètre (*fig.* 180).

Ces trois sortes de fibres végétales débarrassées de toutes les substances organiques adhérentes (matières azotées, grasses, résinoïdes, colorantes, etc.,), et des substances minérales qui les incrustent à l'état vivant, ont absolument la même nature chimique; c'est de la cellulose, $C^{12}H^{10}O^{10}$, ainsi que je vous l'ai déjà dit. Par conséquent elles ont les mêmes propriétés chimiques que celle-ci, ce qui me dispense d'y revenir.

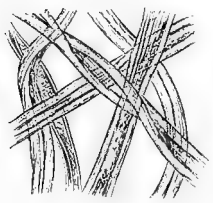


Fig. 128. — Coton vu au microscope.

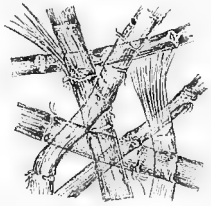


Fig. 129. — Chanvre vu au microscope.

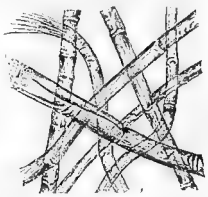


Fig. 130. — Lin vu au microscope.

Matières textiles animales. — Il y en a deux espèces bien distinctes, la *laine* et la *soie*.

Laine. — La laine, comme vous le savez, est la matière filamenteuse qui sert de fourrure aux bêtes ovines. Son emploi pour la confection des vêtements remonte à l'antiquité la plus reculée, car c'est elle qui remplaça les feuilles, les écorces d'arbres, les joncs grossièrement tressés, les peaux des bêtes fauves dont l'homme primitif se couvrit d'abord pour se préserver des atteintes du froid et du chaud.

La laine du mouton est la seule qui soit susceptible d'être foulée ou feutrée. On ne la coupe ordinairement qu'une fois tous les ans, vers le commencement de l'été. Le produit de la tonte d'un animal forme ce qu'on appelle une *toison*, dont le poids s'élève, dans les grosses races, jusqu'à 5 et 6 kilogrammes.

On nomme *laine vivante* ou *laine en toison* celle qui est coupée sur l'animal vivant, et *laine morte*, *écouailles*, *pelades*, *pelures*, celle

qui provient des animaux égorgés ou de bêtes mortes de maladie. Ces dernières sont de qualité bien inférieure.

Les unes et les autres sont *surges* ou en *suint*, c'est-à-dire enduites d'une matière onctueuse, sécrétée par le mouton et appelée *suint*. Cette excrétion a pour objet de préserver les filaments de l'attaque des insectes qui les détruiraient promptement. Ce suint est en quantité d'autant plus grande dans une toison que la laine est plus fine, et plus elle en contient, mieux elle se blanchit.

Une toison se compose de mèches ou de flocons séparés, formés de plusieurs filaments réunis par leurs extrémités. Ces filaments ou brins sont plus ou moins longs, plus ou moins fins; mais, en général, la finesse est en raison inverse de la longueur, et en raison directe de la petitesse de la race et du peu d'épaisseur de la peau.

En ayant égard à la longueur, à la finesse des brins et à l'état de leur surface, on partage toutes les laines en trois grandes classes : *Laines longues* ou *à peignes*, *laines courtes* ou *à cardes*, *laines communes*. Elles ont, chacune, des emplois bien différents.

1° On regarde comme *laines longues* toutes celles dont les brins ont plus de 8 à 10 centimètres de longueur, et qui ne présentent ni aspérités, ni frisures sensibles à leur surface. On les réserve à la fabrication des étoffes rases, ni foulées, ni feutrées. Ces laines ayant besoin d'être préparées par des peignes pour être filées, on les désigne habituellement sous le nom de *laines à peignes*. Elles sont d'autant plus estimées qu'elles sont plus longues, soyeuses, lisses et nerveuses.

2° On range dans la classe des *laines courtes* toutes celles dont les filaments n'ont pas plus de 8 à 10 centimètres de long. Ces filaments sont frisés et ont une surface réticulée ou ondulée, ce qui fait qu'ils s'engrènent aisément les uns dans les autres. — Ces laines, généralement destinées, à cause de cette disposition, à la fabrication des tissus drapés et par conséquent foulés, sont préparées par le cardage, d'où leur nom de *laines à cardes*. Elles ont d'autant plus de valeur qu'elles sont fines, frisées et même assez tendres.

3° Les *laines communes* sont celles que fournissent les races grossières, et qui servent à la confection de la bonneterie, de

la draperie commune, des matelas et des couvertures de couleur. — Ces laines sont mécheuses, feutrées, mêlées de poils roux et de *jarre*.

Le *jarre* ou *jare* est un poil sans élasticité, non feutrable, prenant imparfaitement la teinture, qui se montre surtout sur la tête et les extrémités inférieures du mouton. On a tout intérêt à en débarrasser les laines.

Lorsqu'on examine au microscope les filaments d'une laine quelconque, ils apparaissent comme des tubes cylindriques (*fig.* 151) dont la surface est recouverte d'écailles irrégulières un peu recourbées en dehors ; on y remarque, en outre, des stries extrêmement fines, toutes parallèles à l'axe. Ces tubes vont en s'amincissant de la racine à la pointe, où ils prennent une forme conique. Lorsqu'ils n'ont pas été dénaturés ni déchirés, on remarque dans l'intérieur une ligne noire qui dénote l'existence d'un canal médullaire rempli d'air ou d'un liquide plus ou moins coloré, ainsi qu'on l'observe également pour les cheveux. Le diamètre de chaque filament varie de $\frac{1}{25}$ à $\frac{1}{65}$ de millimètre.

Fig. 151. — Laine de mouton vue au microscope.

C'est en ayant égard à ces différences qu'on classe souvent les laines en : *superfines*, *fines*, *moyennes*, *grosses*, *supergrosses*.

Voici comment les principales laines peuvent être rangées sous ce rapport :

Moutons de Prusse et de Silésie.	Mérinos d'Espagne et de France.
de Hongrie et de Moravie.	Moutons de Russie.
de Saxe.	de la Bauce.
de Hanovre.	de Buenos-Ayres.
Race de Naz.	Race Southdown.
Moutons du Roussillon.	Lincoln.
de la Brie.	Dishley.
d'Australie.	Moutons du Centre et du Nord de
du Cap.	la France.

Il y a des laines naturellement blanches, noires, rousses, jaunes et même bleuâtres. Mais dans les grands troupeaux de France, on ne conserve que les moutons blancs, parce que leur laine prenant

très-bien la teinture, on lui donne ensuite la couleur qu'on veut. En général, les laines de couleur sont plus grosses, moins douces, moins souples que les laines blanches.

Il suffit de toucher et de frotter entre les doigts un flocon de laine pour sentir si elle est douce et moelleuse.

Pour connaître si elle est forte ou faible, on en prend des filaments et on les tord en les tenant des deux mains par les deux bouts. Plus ils résistent à l'effort qu'on fait pour les rompre, et plus la laine a de force ou de nerf. Les laines fines, par rapport à leur diamètre, sont plus nerveuses que les laines communes.

C'est également avec la main qu'on s'assure du degré d'élasticité de la laine. Il faut qu'après en avoir serré plusieurs flocons ensemble, ils reprennent, quand la compression a cessé, le même volume qu'auparavant. Cette qualité a une importance très-grande sur la bonté des étoffes. C'est leur qualité élastique qui rend les laines propres à faire des rembourrages, des matelas.

La laine ne diffère pas moins des tissus végétaux par sa composition chimique que par sa constitution. Ainsi, dans son plus grand état de pureté, elle renferme jusqu'à 17,5 d'azote, et de plus une notable quantité de soufre; aussi quand on la brûle, elle répand l'odeur propre aux matières azotées, donne des sels ammoniacaux, et quand on la fait bouillir avec une dissolution alcaline faible, elle communique à celle-ci la propriété de dégager de l'hydrogène sulfuré avec les acides, ainsi que celle de précipiter en noir par l'acétate de plomb.

Si elle n'est pas altérée sensiblement par les acides et les alcalis faibles, en revanche elle est détruite par ces mêmes agents concentrés; elle se dissout dans les alcalis caustiques en produisant une espèce de savon. Aussi peut-on faire usage de cette réaction pour distinguer les tissus de laine des tissus de chanvre, de lin et de coton, et surtout pour reconnaître si une étoffe de laine, un drap, par exemple, est ou n'est pas mélangé de coton, puisque les filaments végétaux ne sont pas dissous par les liqueurs alcalines bouillantes.

Il y a bien d'autres moyens, du reste, de faire la même distinction; ainsi, l'acide azotique ordinaire colore en jaune prononcé la laine, et ne développe aucune couleur sur les fils et tissus végétaux.

L'azotate de mercure donne à la première, en moins d'un quart d'heure, à la température de 45 à 50°, une couleur rouge ou amarante, et reste sans effet sur les seconds ;

L'acide picrique en solution tiède teint en beau jaune les filaments de laine, et laisse parfaitement blancs ceux du chanvre, du lin et du coton.

Enfin, plongée dans le chlore, la laine s'y altère profondément.

Soie. — La soie, qui est aux matières textiles ce que l'or est aux métaux, est ce fil fin et solide avec lequel plusieurs espèces d'insectes, du genre *bombyx*, à l'état de larves, construisent la coque qui les met à l'abri des agents extérieurs, et dans laquelle elles subissent leurs métamorphoses. C'est surtout la *phalène* ou *bombice du mûrier* (*fig.* 152), insecte à ailes brillantes et à écailles, qu'on élève de préférence pour obtenir ce précieux produit.

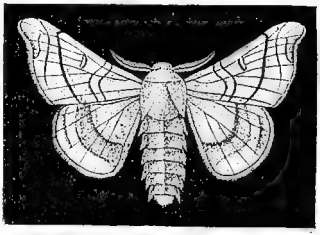


Fig. 152. — Ver à soie du mûrier, *Bombyx mori*.

Cet insecte, qui se nourrit sur les feuilles du mûrier blanc (*fig.* 153), est originaire des contrées orientales de l'Asie, comme d'ailleurs tous les autres bombyx producteurs de soie qu'on commence à acclimater en Europe[1]. 2,698 ans avant Jésus-Christ, les Chinois apprenaient de la femme de leur empereur Yao l'art d'élever ce ver et celui d'en approprier les fils à la confection des vêtements. Ce ne fut que longtemps après que ces arts passèrent dans la petite Boukharie, d'où ils pénétrèrent ensuite dans l'Inde et en Perse.

Les soieries n'arrivèrent que fort tard en Europe, après les guerres d'Alexandre contre Darius. C'est seulement quelques années avant notre ère qu'on en vit pour la première fois à Rome, lors des jeux donnés par César. Jusqu'au règne de Justinien, ces tissus venaient de Perse par la côte de Syrie ou des Indes, par

[1] Je citerai, entre autres, les Bombyx de l'ailante, du chêne, du ricin, le Bombyx Paphia de l'Inde, celui du Japon, celui de l'Assam, etc.

l'Égypte et la mer Rouge. Ils se vendaient au poids de l'or, si bien que l'empereur Aurélien refusait à sa femme, comme une parure trop chère, une de ces robes de soie que portent aujourd'hui nos ouvrières endimanchées.

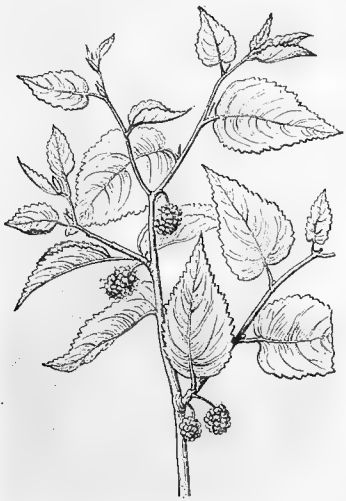


Fig. 133. — Mûrier blanc.

En 552 ou 555, deux religieux de l'ordre de Saint-Basile, venus à Constantinople, remirent à l'empereur Justinien des roseaux renfermant entre leurs nœuds les œufs du ver à soie et les graines du mûrier blanc qu'ils avaient apportés au péril de leur vie de Serince ou Serhend, ville située dans les environs des monts Imaüs, région de l'Asie centrale qui paraît être la *Sérique* des anciens[1]. Grâce aux encouragements de Justinien, l'art d'élever les vers à soie et d'en exploiter les produits ne tarda pas à se répandre chez les Byzantins, et, quelques années après, des manufactures s'élevèrent à Athènes, à Thèbes, à Corinthe, etc. Les nombreuses plantations de mûriers qu'on fit dans le Péloponèse pour nourrir les vers valurent plus tard à ce pays le nom de *Morée*, qui n'est qu'une altération de celui de *morus*, nom sous lequel les Latins désignaient l'arbre.

L'industrie de la soie fut introduite par les Maures en Espagne au neuvième siècle; au douzième, le roi Roger en dota la Sicile, d'où elle se propagea en Italie du treizième au quatorzième siècle. Vers la fin du treizième, Grégoire X la fit naître dans le comtat Venaissin; d'Avignon elle passa à Nimes, à Lyon, et en

[1] C'est du nom de cette région, *Serica* ou *Seris* que les Latins firent le mot *Sericum* pour désigner la soie.

1470 Louis XI l'établit à Tours. François Ier encouragea singulièrement la culture du mûrier et la fabrication des soieries, à son retour d'Italie en 1520; Henri IV imita les Valois, et sous le ministère de Colbert les fabriques de Lyon, de Tours, de Nîmes et du Midi devinrent très-florissantes. La révocation de l'édit de Nantes introduisit cette nouvelle industrie dans la Grande-Bretagne[1].

On évalue la production de la soie grége, dans le monde entier, à 37 millions de kilogrammes, représentant un revenu brut annuel de 1,272,000,000 environ. Ces chiffres peuvent vous donner une idée de l'importance de l'industrie séricicole; importance qui s'accroit d'année en année, car de même que la consommation du lin prend, aux dépens du coton, une place de plus en plus grande dans les habitudes des pays policés et riches, la consommation de la soie empiète chaque jour sur celle de la laine.

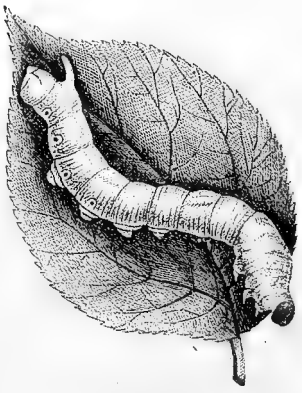


Fig. 131. — Ver à soie sur sa feuille de mûrier.

En Asie, on élève le ver à soie sur des arbres en plein air; mais en Europe, et surtout en France, on le renferme dans des chambres dont on entretient la température entre 15 et 18°. Ces chambres sont désignées sous le nom de *magnaneries*, du mot *magnan*, appliqué au ver dans le dialecte languedocien.

Les œufs, très-improprement appelés *graines*, éclosent à cette température moyenne; les larves qui en sortent sont déposées sur des claies garnies de feuilles de mûrier, que l'on renouvelle plusieurs fois par jour (*fig.* 134). Elles changent quatre fois de peau

[1] Henri II fut le premier qui porta des bas confectionnés avec de la soie indigène, à l'occasion du mariage de sa sœur avec le duc de Savoie. — On rapporte que la reine Élisabeth d'Angleterre convoitait fort les beaux bas de soie

dans l'espace d'un mois, et, après la dernière mue, elles s'enferment dans de petites niches de bruyère, disposées à cet effet, et s'y filent une coque ou *cocon* (*fig.* 135) dont la matière est la soie.

Elles prennent dès lors le nom de *chrysalides* (*fig.* 136), et demeurent dans une complète immobilité pendant dix-huit à vingt

Fig. 135.— Cocon de ver à soie.

Fig. 136.— Chrysalide de ver à soie.

jours. Elles se transforment enfin en papillons ou insectes parfaits. Mais on ne laisse parvenir à ce dernier état que celles qui doivent servir à la reproduction de l'espèce. On fait mourir les

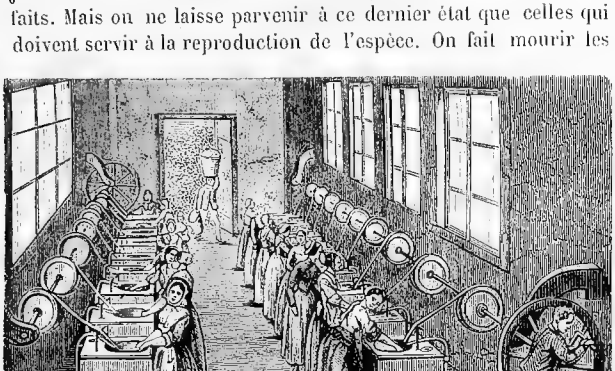


Fig. 137. — Atelier de dévidage des cocons.

autres, en trempant les cocons dans l'eau chaude, ou en les exposant à la chaleur d'un four ou d'une étuve. Ensuite on les dévide.

que la France seule alors savait fabriquer, et que, pour se rendre à une cérémonie, elle n'hésita pas à en faire demander une paire à notre ambassadeur.... La chronique dit à l'emprunter, mais je n'y veux pas croire.

Le dévidage s'opère en plongeant les cocons dans de l'eau chauffée à 70° par un courant de vapeur. L'ouvrière saisit un brin de chaque cocon et l'attache à la circonférence d'un rouet (*fig.* 137). Elle réunit ainsi simultanément sur le même dévidoir 3 à 15 brins, et même au delà, suivant le degré de finesse qu'elle veut avoir, et comme ils éprouvent une espèce de torsion en se plaçant les uns contre les autres, ils contractent une adhérence parfaite et ne peuvent plus être séparés; il en résulte un fil unique de soie brute.

100 grammes d'œufs produisent de 87 900 à 117 200 cocons, pesant 150 à 200 kilogr. — 100 kilogr. de cocons donnent en moyenne 8 kilogr. de soie filée.

La matière de la soie est liquide dans le corps du ver, mais elle se durcit à l'air à mesure qu'elle sort, par une double filière, des organes excréteurs placés près de la bouche de la chenille. Les filaments jumeaux que file l'insecte s'agglutinent par le contact et n'en forment plus qu'un.

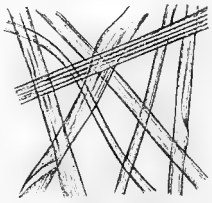


Fig. 138. — Brins de soie vus au microscope.

Au microscope, ces filaments apparaissent comme des tubes excessivement fins, sensiblement aplatis, transparents, dont la surface présente souvent des irrégularités. Ces tubes ne sont jamais tordus sur eux-mêmes comme ceux du coton, et ils n'offrent pas de cloisons transversales comme ceux du lin. Leur conformation et leur apparence sont bien différentes de celles des tubes de la laine (*fig.* 138).

La soie d'un cocon pèse, en moyenne, 1 décigramme 1/2; son fil a une longueur de 250 à 365 mètres, ce qui donne une idée de son extrême ténuité; dans certaines espèces de soie, il n'a pas plus de 18 millièmes de millimètre de diamètre, ce qui n'empêche pas qu'il ait une grande force.

Chacun de ces fils peut être considéré comme formé de trois tubes concentriques. Au centre est la substance fibreuse animale qui constitue la soie; elle se rapproche de la fibrine du sang, aussi lui a-t-on donné le nom de *fibroïne;* elle contient de l'azote comme la laine, mais non du soufre élémentaire comme celle-ci. Elle est recouverte d'une double couche de matières organiques dont la

composition chimique n'est pas la même. La couche la plus externe peut être dissoute par l'eau chaude; la plus interne ne peut être enlevée que par une eau alcaline. L'ensemble de ces corps étrangers s'élève à 25 ou 30 pour 100 du poids total. C'est un mélange de gélatine, d'albumine, de cire, de matières grasses et résineuses, de matière colorante. C'est là ce qui constitue le *vernis* de la soie, auquel elle doit sa roideur, son élasticité et sa couleur.

Dans le commerce, on partage toutes les soies en deux grandes classes :

1° *Soie grége;* c'est la soie telle que le ver l'a produite et que le dévidage l'a fournie; elle a été détachée à l'eau chaude et n'a subi encore aucune autre préparation. Elle est jaune ou blanche. — Elle est en écheveaux plus ou moins forts, pliés de diverses manières, suivant l'usage des pays d'importation.

2° *Soie ouvrée;* c'est celle qui a subi une préparation quelconque qui la rend propre à différents emplois dans les manufactures.

Dans chaque classe, on distingue la *soie écrue*, qui est encore recouverte de son *vernis*, et la *soie décreusée* ou *cuite* qui en a été débarrassée.

La soie amenée à son état de pureté a beaucoup des caractères de la laine, et il est tout aussi facile de la distinguer des filaments végétaux.

Ainsi, elle répand sur les charbons ardents ou dans la flamme d'une bougie l'odeur spéciale des matières animales, et elle laisse un charbon brillant difficile à incinérer.

Comme la laine, elle se dissout dans les liqueurs alcalines bouillantes, elle se colore subitement en jaune dans l'acide azotique et dans l'acide picrique; en amarante, dans l'azotate de protoxyde de mercure.

Rien de plus simple, par conséquent, que de retrouver la soie dans un tissu mélangé de coton ou de lin, en faisant usage des réactions précédentes. Il ne sera pas moins aisé de reconnaître la soie dans les tissus blancs de laine et même dans ceux qui sont teints. Pour ces derniers, on les débarrasse de la plus grande partie de leur couleur par des immersions successives dans des liqueurs alcalines et acides.

Ceci fait, on mouille le tissu avec une solution de plombite de

soude, et au bout de fort peu de temps, tous les fils de laine sont colorés en brun chocolat, tandis que les fils de soie restent blancs; cela tient à ce que la laine contient du soufre qui donne naissance à du sulfure de plomb qui est d'un brun noir, comme vous le savez. La soie ne contenant pas de soufre n'éprouve rien de la part du réactif.

L'acide azotique, vous l'avez vu, colore à froid la laine et la soie en jaune, mais il dissout ensuite rapidement la soie, tandis qu'il laisse la laine à l'état solide.

Une solution de chlorure de zinc à 50° dissout promptement la soie, à la température de l'ébullition, tandis qu'elle est sans effet sur la laine, aussi bien d'ailleurs que sur les filaments végétaux.

Enfin la soie, comme la cellulose, se dissout très-bien dans l'ammoniure de cuivre qui respecte la laine, et dans l'ammoniure de nickel qui n'a aucune action ni sur cette dernière ni sur les filaments cellulosiques.

BLANCHIMENT DES MATIÈRES TEXTILES.

On donne le nom de *blanchiment* à l'ensemble des opérations au moyen desquelles on débarrasse les fibres et les tissus des matières étrangères qui adhèrent à leur surface et qui les colorent. Ces opérations ne sont pas les mêmes pour les tissus végétaux et pour les tissus animaux, par suite de la différence de leur nature chimique.

A. Blanchiment des fibres végétales. — Voici, succinctement, comment on procède au blanchiment des toiles de coton, de chanvre et de lin, toujours plus difficile que celui des fils, par la raison qu'ayant reçu un plus grand nombre de manipulations, elles sont plus chargées de matières étrangères.

Après avoir laissé tremper les toiles dans de l'eau à 25° ou 30° pendant vingt-quatre heures pour enlever toutes les parties solubles, notamment la crasse des mains, les substances farineuses et les sels qui constituent le *parement*, on les dégorge par un moyen mécanique quelconque dans un courant d'eau.

Le plus généralement on se sert pour cela d'une machine fort simple nommée *sautoir*, *clapot* ou *rouennaise* (*fig.* 139), qui consiste en deux cylindres de bois entre lesquels on fait passer les

toiles; ils sont placés à couvert et disposés au-dessus d'un courant d'eau; le cylindre supérieur B est uni, l'inférieur A est cannelé. Au-dessous de celui-ci est une traverse sur laquelle sont

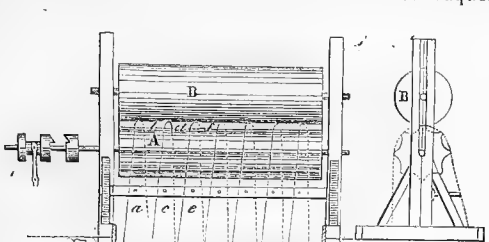


Fig. 139. — Sautoir ou clapot pour le dégorgeage.

implantées des chevilles, destinées à espacer les bandes de toiles *a*, *c*, *e* qui passent en spirales entre les deux cylindres.

Pour les toiles fines, mousselines et autres, qui pourraient être endommagées par le clapot et les autres systèmes de dégorgeage, on fait usage de la *roue à laver* ou *dash-wheel* dont voici une élévation et une coupe perpendiculaire à l'axe (*fig.* 140). C'est,

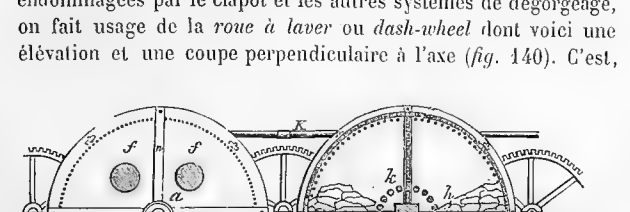


Fig. 140. — Roue à laver ou dash-wheel.

comme vous le voyez, un tambour cylindrique divisé en quatre compartiments ou chambres par des planches percées de trous. C'est par les ouvertures *f f* qu'on y introduit et qu'on en retire les pièces. L'eau arrive d'un réservoir supérieur par le tube K,

jaillit dans l'intérieur par les petites ouvertures *k k k*, mouille et lave les pièces et sort par d'autres ouvertures antérieures.

Au moyen d'une poulie à courroies, on met l'arbre *a* en mouvement et on donne à la roue 20 à 24 tours par minute. Les pièces imbibées d'eau s'élèvent et retombent alternativement, en vertu de leur propre poids, d'une cloison sur l'autre; une grande partie de l'eau qu'elles contiennent rejaillit par l'effet de cette chute, et s'écoule au dehors, tandis qu'elles en reçoivent continuellement de nouvelle. Un quart d'heure de rotation suffit pour bien nettoyer les pièces.

Après le trempage et le dégorgeage, on soumet les toiles à l'action d'une dissolution bouillante de soude caustique à 1° 1/2 Baumé, qui dissout les matières grasses, résineuses et colorantes, le gluten et les savons insolubles provenant du parement. C'est ce qu'on appelle le *coulage* ou *lessivage*, qui dure ordinairement

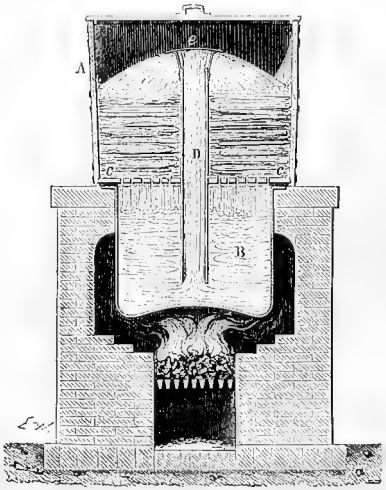


Fig. 141. — Cuvier à projection pour le lessivage des toiles.

quatorze à dix-huit heures, et qu'on répète à deux ou trois reprises différentes après des rinçages successifs. On emploie le vingtième du poids des toiles en alcali pour le blanchiment.

Les appareils de lessivage varient beaucoup de forme. Un des plus employés est le *cuvier à projection* imaginé par Widmer de Jouy (*fig.* 141). C'est un cuvier en bois A, dont le fond CC est percé de trous, et qui repose sur une maçonnerie au centre de laquelle est un bouilleur B avec son foyer. Un tuyau central en cuivre D, ouvert par ses deux bouts, est placé au centre du système et met en communication le fond du bouilleur avec la partie supérieure du cuvier; il sert à l'injection de la lessive dans ce dernier; une plaque *e*, disposée un peu au-dessus de l'ouverture supérieure de ce tuyau, force le jet de lessive à tomber en forme de nappe sur les toiles qui remplissent le cuvier et qui ont été à l'avance imprégnées de lessive faible.

Lorsque la lessive du bouilleur est en ébullition, la vapeur qui s'en dégage acquiert bientôt assez de force élastique pour presser sur le liquide et le forcer à monter dans le tuyau central qui le déverse sur les toiles ; la pression croissant avec la température, l'ascension se fait rapidement. La lessive redescend en s'infiltrant à travers les toiles et s'écoule par les trous CC dans le bouilleur pour y être échauffée et élevée de nouveau.

Après les lessivages, on passe les toiles dans un bain de chlorure de chaux à 2°, pour achever la destruction des matières colorantes.

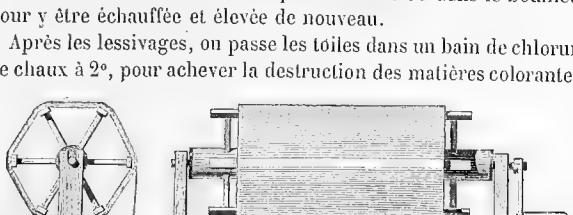


Fig. 142. — Trinquet ou tourniquet.

Ce bain est placé dans un cuvier garni d'un *trinquet* ou *tourniquet* (*fig.* 142), sur lequel on enroule les toiles et qui, par son mouvement, fait passer successivement toute la pièce dans le bain. Les toiles y restent en immersion pendant dix à douze heures, en les faisant manœuvrer de temps en temps sur le trinquet pour changer les points de contact.

On emploie pour le blanchiment, en deux passages, entre un vingtième et un trentième du poids des toiles en chlorure de chaux, suivant leur qualité et leur nuance.

Immédiatement au sortir des bains de chlorure, les toiles, sans avoir été lavées, mais seulement pressées entre deux rouleaux, sont immergées dans une cuve contenant de l'acide sulfurique à 1 ou 2°. On les tourne sur un trinquet pendant vingt minutes; on les abandonne dans le bain pendant plusieurs heures; on les retire en les enroulant sur le trinquet, puis on les jette à l'eau et on les dégorge exactement.

L'acide, en agissant sur le chlorure dont les toiles sont encore imprégnées, met en liberté du chlore qui agit sur la matière colorante et la détruit, ou au moins la rend susceptible de se dissoudre dans une seconde lessive.

Après les bains acides et un dégorgeage fait avec soin, on donne aux toiles une nouvelle lessive de soude pour enlever la partie de la matière colorante déshydrogénée par le chlore, ainsi que la graisse, s'il en restait encore. On les passe dans un nouveau bain de chlorure et on termine par un *vitriolage*, c'est-à-dire par un bain d'acide sulfurique très-étendu et tiède qui dissout le fer et quelques matières terreuses qui pourraient se trouver encore sur les toiles; on rince parfaitement.

Les tissus de chanvre et de lin, toujours plus chargés de matières colorantes et résineuses que ceux de coton, exigent que l'action des mêmes agents, et notamment celle des lessives caustiques, soit répétée un plus grand nombre de fois. On a conservé pour ces toiles l'ancien usage de les exposer sur le pré, pendant un temps plus ou moins long, entre chaque lessive.

Tout démontre que, durant cette exposition, l'oxygène de l'air se porte sur la matière colorante, la déshydrogène, la rapproche ainsi des substances acides, et la rend par conséquent plus apte à se dissoudre dans les alcalis.

Les toiles blanches rincées sont *essorées*, c'est-à-dire débarrassées de la majeure partie de l'eau qu'elles retiennent, soit en les comprimant entre deux rouleaux, soit en les faisant passer dans l'*hydro-extracteur* de Pentzold, nommé dans les usines *diable*, *toupie*, *turbine* ou *essoreuse*.

La pièce essentielle de cette machine à force centrifuge (*fig.* 143)

consiste en une cage métallique *g* placée au centre d'une enveloppe en fonte *hh* et attachée à la base d'un axe central et vertical *pf*, auquel un engrenage *kl* communique un vitesse de 1500 à 1800 tours par minute.

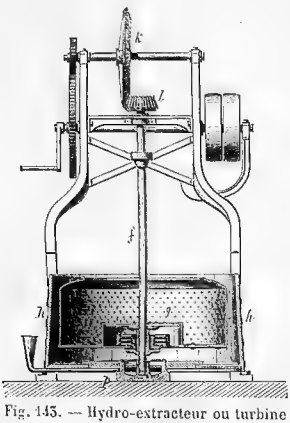


Fig. 143. — Hydro-extracteur ou turbine pour l'essorage des toiles.

Les toiles renfermées dans cette cage, étant soumises aux effets de la force centrifuge pendant sept à huit minutes, abandonnent la presque totalité de leur eau d'interposition, si bien qu'elles ne conservent plus, quand on les retire du *diable*, qu'un peu de moiteur, qu'elles perdent bientôt par l'exposition à l'air.

Pour cette exposition, on les suspend à des traverses de bois, placées en forme de gril, à la partie supérieure d'une tour carrée

Fig. 144. — Étendoir pour le séchage des toiles à l'air libre.

(*fig. 144*), dont les parois en bois sont formées par des auvents à

jour disposés comme les rangs des persiennes de fenêtre. Les pièces pendent de toute leur longueur dans l'intérieur et même à l'extérieur de l'*étendoir*, exposé à tous les vents.

On opère aussi, et d'une manière plus prompte, la dessiccation des toiles, dans des séchoirs à air chaud, ou sur des cylindre creux de cuivre ou de fer-blanc dans l'intérieur desquels circule de la vapeur. La figure 145 vous donne l'idée d'un *séchoir à*

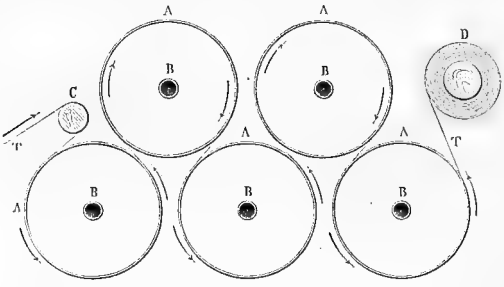


Fig. 145. — Séchoir à la vapeur.

vapeur. Les cylindres AAAAA, d'un diamètre de 25 à 45 centimètres, reçoivent la vapeur par les arbres creux d'un bout à l'autre BBBBB. Les toiles T passent d'abord sur un petit rouleau de tension C, puis sur les cylindres, en suivant la marche indiquée par les flèches, et viennent enfin s'enrouler sur le cylindre D.

Apprêt des toiles. — Pour les toiles qui doivent être livrées blanches à la consommation, on leur donne différents apprêts, suivant les usages auxquels elles sont destinées.

Le plus ordinairement on les plonge dans un empois composé avec de l'amidon, de l'alun et de l'azur de cobalt, ou de l'outremer factice, quand on veut en même temps leur donner un *œil bleu* pour les faire paraître plus blanches. On les exprime entre deux cylindres métalliques, on les sèche, puis on les soumet à une pression assez énergique entre des cartons d'une forte épaisseur ou des planchettes de bois dur ou de cuivre.

La gomme arabique, la fécule, la dextrine, la gélatine, le savon, etc., sont aussi employés pour les apprêts. On introduit quelque-

fois dans ceux-ci de la terre de pipe ou du kaolin, même du plâtre fin et blanc, afin de boucher les vides de la toile et de faire illusion à l'acheteur sur sa finesse et sa qualité; mais au premier lavage la poudre interposée disparaît, et il ne reste qu'un tissu à mailles plus ou moins grossières.

B. Blanchiment de la laine. — La laine en toison ne pourrait subir les opérations de la teinture si elle n'était privée des ordures et du suint qui s'opposent à la fixation des matières colorantes. C'est pourquoi on lui fait subir plusieurs opérations préliminaires, telles que le *lavage* ou *désuintage* et le *dégraissage*.

Quelquefois on lave la toison à l'eau froide sur l'animal, avant la tonte; c'est ce qu'on appelle le *lavage à dos*. On l'exécute, dans les fermes, au mois de juin, en plongeant les moutons dans l'eau d'une mare, d'un étang, de ruisseaux profonds ou de rivières, et les frottant avec soin jusqu'à ce que la laine paraisse blanche et dépouillée de suint.

Mais lorsque la toison est épaisse, comme chez les mérinos, le lavage se fait après la tonte, à l'eau froide et mieux à l'eau chaude. Dans ce dernier cas, on laisse tremper les laines pendant dix-huit à vingt heures dans de l'eau à 45°. Le suint, qui est une espèce de savon à base de potasse, plus ou moins mêlé de sels calcaires, se dissout et forme un bain qui devient le principal agent du dégraissage. C'est, en effet, dans cette première eau, échauffée à 70 ou 75°, qu'on plonge la laine par petites portions et pendant quelques minutes. On la laisse bien égoutter, on la lave à l'eau courante, puis on la met au pressoir pour accélérer sa dessiccation.

L'opération du *désuintage* fait perdre à la laine de 35 à 55 p. 100 de son poids primitif. Plus elle est fine, plus elle contient de suint, et plus par conséquent elle perd au lavage.

Comme il reste encore dans les laines désuintées des corps gras, cireux et colorés, les fabricants, avant de les mettre en œuvre, leur font subir l'opération du *dégraissage*. On opère ainsi qu'il suit:

Dans des chaudières de 1000 litres, on met de l'eau avec 70 ou 80 litres d'urine putréfiée et 20 kilogr. de cristaux de soude. On chauffe le bain à 50 ou 55°, et on y introduit la laine qu'on remue continuellement avec de petites fourchettes de bois.

L'ammoniaque de l'urine et la soude des cristaux dissolvent et entraînent la portion de matière grasse non saponifiée du suint. Au bout d'une demi-heure, on fait égoutter la laine, puis on la lave à grande eau, dans des paniers de forme appropriée, pour la bien nettoyer. Ce bain qui peut servir trois jours, en y ajoutant de temps en temps de l'urine et des cristaux, permet de dégraisser 480 kilogr. de laine supposée sèche.

Les étoffes de laine destinées à l'impression sont dégraissées au moyen de cristaux de soude et de savon, à une température de 65°. On répète ces bains alcalins, dont chacun est suivi d'un lavage à l'eau chaude, selon que les étoffes sont plus ou moins chargées de corps gras.

Lorsque la laine doit rester en blanc ou servir à l'impression, on l'amène au plus haut degré de blancheur possible au moyen

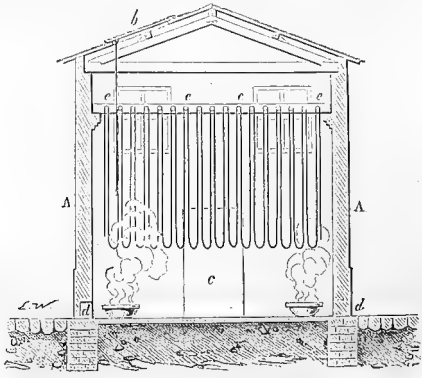


Fig. 146. — Chambre pour le soufrage des laines.

du *soufrage*, c'est-à-dire en l'exposant à l'action du gaz acide sulfureux. Cette opération fort simple, et qui était pratiquée bien avant l'ère chrétienne chez les Grecs et les Romains, consiste à mettre dans une chambre isolée et sans cheminée AA (*fig.* 146) les étoffes humides à décolorer, en les suspendant en large à des perches transversales *eee*, puis à y introduire de petites terrines dans lesquelles brûle du soufre (2 kilogr. pour 100 kilogr. de laine). Toutes les ouvertures sont closes. L'acide sulfureux, pro-

duit de cette combustion, condensé par l'eau qui humecte les pièces, réagit sur la matière colorante et la fait disparaître. Au bout de 12 à 24 heures, on aère et on sèche les tissus.

On obtient encore de meilleurs résultats en faisant séjourner la laine dans une dissolution de sulfite de soude additionnée d'acide chlorhydrique. Le blanc est bien plus beau et ne jaunit pas à l'air, comme cela arrive avec la laine décolorée par le gaz sulfureux.

Après le soufrage, on passe les pièces à l'eau chaude, puis dans un léger bain de savon pour leur donner plus de moelleux; on azure ensuite avec du carmin d'indigo.

La laine blanchie après avoir été filée est toujours d'un plus beau blanc que celle qui est soumise aux opérations précédentes pendant qu'elle est encore en toison.

Fig. 147. — Torsion des écheveaux à la cheville ou à l'espart.

Blanchiment de la soie. — Le mode généralement suivi pour enlever à la soie l'enduit naturel ou le *vernis*, coloré ou incolore, qui la recouvre, consiste à lui faire subir trois opérations successives dans des bains savonneux, opérations qui sont connues dans les ateliers sous les noms de *dégommage*, *décreusage* ou *cuite*, et *blanchiment*.

Pour le *dégommage* on plonge les écheveaux dans un bain chaud, mais non bouillant, fait avec 30 parties de savon blanc pour 100 de soie. On les y laisse jusqu'à ce que le vernis ait disparu, et on les tord à la cheville (*fig.* 147).

On *décreuse* ou on cuit la soie dégommée, en l'enfermant dans des sacs de toile, et en la maintenant, pendant 1 heure et demie, dans une dissolution bouillante de savon ne contenant que 20 p. 100 de cette matière. On dégorge ensuite parfaitement les écheveaux à la rivière, et on les sèche. Par ces deux opérations, la soie éprouve un déchet de 25 à 30 p. 100.

Le *blanchiment* se termine par un léger bain de savon, dans lequel on ajoute un peu de rocou ou de carmin d'indigo, suivant la nuance de blanc qu'on veut avoir.

Quelquefois, comme à Lyon, on plonge les écrus jaunes dans une espèce d'eau régale assez étendue d'eau pour ne marquer que 15 à 18° Baumé, et après dix minutes de séjour dans ce bain acide chauffé seulement à 30°, on lave à grande eau, et on procède au soufrage comme pour la laine. Douze heures après, on donne un léger bain de savon ou de bicarbonate de soude. On répète le soufrage et le bain savonneux jusqu'à ce que la soie soit arrivée au blanc parfait.

Si elle est destinée à la fabrication des blondes, des gazes et autres étoffes fermes, on la laisse dans cet état; mais si elle doit servir à confectionner des tissus doux, moelleux et brillants, on l'*assouplit* en la plongeant à plusieurs reprises dans l'eau bouillante.

Dans le mode de blanchiment suivi à Lyon, la soie ne perd que 18 p. 100 de son poids.

Coloration ou teinture des matières textiles. — Une autre grande industrie chimique qui s'exerce sur les matières textiles, c'est celle qui a pour objet leur coloration. Je dois vous en faire connaître les principes généraux.

L'art de colorer les fils et les tissus remonte à une époque si reculée qu'il est impossible de préciser la date de son origine, ni le lieu où il a pris naissance. Tout ce que nous savons, c'est qu'il a été pratiqué avec assez d'habileté par les anciens peuples de l'Inde, de la Perse, de la Syrie, de l'Égypte. Nous n'avons malheureusement aucun renseignement sur la manière dont ces peuples procédaient à la teinture, par la raison que les Grecs et les Romains, qui héritèrent de leurs procédés industriels, négligèrent de les décrire; les travaux manuels étant, dans leurs idées, des occupations indignes de l'homme libre.

Chez les modernes, c'est d'abord en Italie qu'on voit refleurir le bel art dont je parle, par suite des relations commerciales que les Vénitiens et les Génois entretinrent avec l'Orient. C'est seulement sous le ministère de Colbert que les ateliers français rivalisèrent avec les étrangers. Le développement des sciences physiques, à la fin du dix-huitième siècle, a exercé une immense in-

fluence sur les progrès d'une industrie qui n'a longtemps consisté qu'en un amas confus de recettes et de pratiques empiriques, et qui est actuellement régie par des principes rationnels et scientifiques.

Pour colorer les fibres textiles d'une manière permanente, il y a deux méthodes bien différentes, qui constituent deux arts distincts, exécutés dans des ateliers spéciaux.

L'une d'elles consiste à donner à la masse entière des fils ou des étoffes une teinte uniforme, par l'emploi de matières colorantes que l'on rend solubles par des moyens convenables, et que l'on fixe, en faisant intervenir, le plus souvent, des agents intermédiaires, désignés sous le nom de *mordants*. Cette manière de procéder est ce que l'on appelle, à proprement parler, l'*art du teinturier*.

Dans l'autre méthode, on ne colore que certaines parties de l'une des faces des tissus, au moyen d'une ou de plusieurs couleurs différentes, appliquées mécaniquement et disposées de manière à former des dessins réguliers et harmonieux. C'est alors ce que l'on appelle l'*art de l'indienneur* ou plus généralement l'*impression sur tissus*.

A. **Teinture proprement dite.**—Dans l'origine et pendant bien longtemps, c'est aux plantes et aux animaux qu'on a emprunté des couleurs pour en couvrir les fibres textiles. A partir des premières années du siècle actuel, on a commencé à avoir recours aux matières minérales ; mais le nombre de celles-ci est resté assez limité, parce qu'elles ne fournissent que des couleurs sans transparence et qui n'ont pas grande solidité. Il n'y a guère, en effet, que les oxydes de fer et de manganèse, les sulfures d'arsenic et d'antimoine, les arsénites de cuivre, les chromates de plomb, les iodures de mercure qui soient utilisés.

Les substances colorées du règne organique, quoique en apparence plus nombreuses, ne peuvent pas toutes servir à la teinture, attendu que beaucoup ne présentent que des couleurs fugaces, ou sont trop peu riches en principes colorants pour être employées avec avantage dans les ateliers. C'est à peine si 24 ou 25 de ces substances, empruntées surtout au règne végétal, sont d'un usage habituel.

En général, les *substances tinctoriales* les plus précieuses sont étrangères à nos climats; elles viennent surtout des pays chauds, de l'Asie, de l'Afrique ou de l'Amérique méridionale. Une température élevée paraît nécessaire au développement des couleurs, comme à celui des odeurs, dans les êtres vivants.

Cette nécessité de faire venir de loin les matières premières indispensables à l'art du teinturier, a fait chercher les moyens de créer de toutes pièces des matières colorantes, et l'on y est parvenu dans ces dernières années, si bien qu'aujourd'hui on produit des quantités énormes d'espèces chimiques qui constituent de véritables substances tinctoriales se substituant aux matières exotiques, avec le triple avantage de l'économie, de la beauté des couleurs et d'une simplicité dans le travail jusqu'alors inconnue.

Voici l'indication des substances tinctoriales organiques, tant naturelles qu'artificielles, les plus employées, rangées en groupes d'après la nature des couleurs fondamentales qu'elles communiquent aux fibres textiles :

Pour les couleurs rouges	Racines de garance, d'orcanette, bois de Campêche, divers bois rouges du Brésil, de Santal, Barwood, fleurs de carthame, lichens de l'orseille, cochenille, kermès végétal, laque et lac-dye, murexide, rouge d'aniline ou fuchsine, etc.
Pour les couleurs bleues.	Indigo, feuilles de pastel, tournesol, bleus et violets d'aniline, etc.
Pour les couleurs jaunes.	Racines de curcuma, d'épine-vinette, bois de fustet, du mûrier des teinturiers, écorce de quercitron, tiges de gaude, graines jaunes de Perse et d'Avignon, pulpe des fruits du Rocouyer, suc d'aloès, acide picrique, chrysaniline, etc
Pour les couleurs vertes.	Chlorophylle, indigo vert de Chine, verts d'aniline.
Pour les couleurs brunes ou noires.	Noix de galle, gallons du Piémont et du Levant, tiges et feuilles des sumacs, brou de noix, gousses de libidibi, écorces d'aune et de châtaignier, cachou, noir d'aniline, etc.

Opérations générales de la teinture. — Parmi toutes les matières colorantes connues, il en est quelques-unes, je vous l'ai dit l'année dernière, qui se précipitent immédiatement sur les tissus avec lesquels on fait digérer leurs dissolutions, et qui s'y combi-

nent intimement sans aucun intermédiaire. Telles sont l'*indigotine*, la *curcumine*, l'*orcéine*, la *carthamine*, l'*acide picrique*, la *fuchsine*, les *bleus* et *violets d'aniline*, etc.

Mais toutes les autres ne peuvent s'y attacher d'une manière durable qu'autant qu'on fait intervenir une attraction plus énergique que celle du tissu pour la couleur. Or, on parvient à ce résultat en tirant parti, tout à la fois, et de la grande affinité des matières colorantes pour les oxydes métalliques, et de l'affinité de ceux-ci pour les fibres textiles.

Mordants. — On donne le nom général de *mordants* à toutes les substances qui servent ainsi d'intermédiaire entre les principes colorants et les matières à teindre. Le plus ordinairement ce sont des oxydes métalliques, car parmi les produits organiques, il n'y a guère que la crème de tartre, les huiles grasses, le tannin, l'albumine, le gluten, la caséine, qui jouent le rôle de mordants.

L'expérience a démontré que de toutes les bases, celles qui réussissent le mieux sous ce rapport, sont l'alumine, les oxydes d'étain, de fer, de manganèse, de chrome, de cuivre. On est obligé de les employer à l'état de sels, parce que c'est seulement sous cette forme qu'ils sont solubles et qu'ils peuvent se combiner intimement aux fibres textiles. Les sels d'un usage habituel dans les ateliers sont donc :

Les aluns et tous les sels solubles d'alumine, les sulfates, les azotates, l'acétate ou pyrolignite de fer, les deux chlorures d'étain, le stannate de soude, les sulfates et acétates de cuivre, le chlorure et l'alun de chrome.

Lorsque les matières colorantes doivent conserver, sur les fils et tissus, leur couleur primitive, on ne peut employer pour les fixer que les mordants dont la base est naturellement blanche, comme l'alumine et l'oxyde d'étain. Quand au contraire le mordant est coloré par lui-même, et tels sont les oxydes de fer, de chrome, de cuivre, il produit toujours, dans ce cas, une modification dans la nuance des couleurs, et donne lieu à des couleurs composées tout à fait différentes des premières.

C'est ainsi que dans un bain de garance, les tissus mordancés en alun se colorent en rouge ou en rose, tandis que ceux mordancés en sels de fer se teignent en brun foncé ou en noir.

Mordançage. — Le *mordançage* ou la fixation des mordants sur les matières textiles, se fait de diverses manières.

1° Tantôt on fait séjourner les fils ou les tissus, à une température variable, dans la solution du sel ou du mordant ; puis, lorsqu'ils s'en sont bien imprégnés, et que par des lavages, on les a débarrassés de l'excès du mordant non combiné, on les met tremper dans la dissolution de la matière colorante.

Le mordançage des laines s'effectue à la température de l'ébullition. Si l'on agit sur des fils, on passe au centre des écheveaux de longs bâtons nommés *lisoirs* (*fig.* 148), qui peuvent s'appuyer par leurs deux extrémités sur les bords de la chaudière renfermant

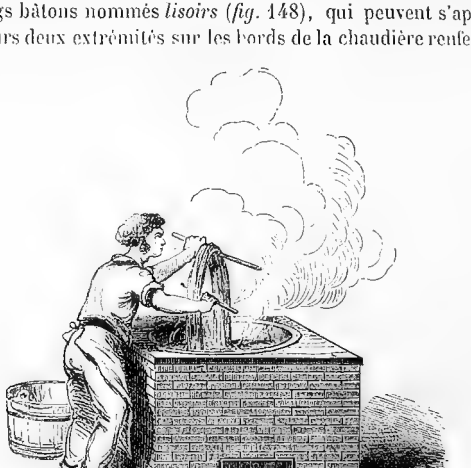


Fig. 148. — Mordançage de la laine en écheveaux.

le mordant bouillant, et après avoir fait tourner, à plusieurs reprises, les fils sur les lisoires, de manière à immerger successivement toutes les parties des écheveaux, on laisse tomber ceux-ci dans la chaudière d'où on ne les retire qu'après deux heures d'ébullition.

Pour les tissus de laine, on fait usage du *trinquet* fixé sur les

bords de la chaudière carrée à mordant (*fig.* 149); on étend les pièces au large et on les manœuvre dans le bain de manière que le mordançage soit aussi égal que possible.

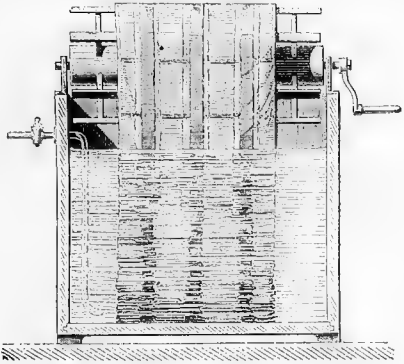


Fig. 149. — Mordançage des laines en pièces.

Le mordançage des soies s'opère à la température ordinaire.

Pour le coton, le chanvre et le lin, on mordance à une température comprise entre 35 et 40°. Quand ce sont des pièces, on fait usage d'une machine dite *foulard* (*fig.* 150), composée essentiellement de deux cylindres en cuivre *ef* recouverts de toile et placés l'un au-dessus de l'autre sur un bâti en fonte *ab*. Le cylindre *f* exerce une certaine pression sur l'inférieur par le levier *g* chargé de poids à son extrémité. Au-dessous du cylindre se trouve une auge *n* dans laquelle on met le mordant, et une bobine *m* sur laquelle sont enroulées les pièces.

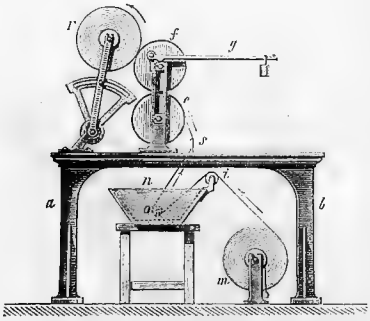


Fig. 150. — Foulard pour le mordançage des toiles.

Lorsque cette machine fonctionne, le tissu en se déroulant suit la marche indiquée par les flèches ; il passe sur une traverse *i* qui l'étend au large et fait disparaître les plis ; de là, il entre dans l'auge *n*, en glissant sous un rouleau de cuivre *o* qui est à 54 millimètres de son fond, s'imprègne du mordant, se débarrasse de l'excès de celui-ci en frottant sur un segment de vis divergente *s*, et s'engage ensuite entre les deux cylindres presseurs *ef*, qui le compriment et font pénétrer le mordant dans tous ses pores ; enfin, il s'enroule, encore humide, sur le rouleau supérieur *r*.

2° Tantôt on mêle le mordant avec la dissolution de matière colorante, lorsqu'ils ne sont pas de nature à se précipiter instantanément, et c'est dans ce mélange qu'on manœuvre les fils ou tissus. Ceux-ci enlèvent au bain des quantités convenables de mordant et de principe colorant, et se teignent d'une manière solide. On agit très-souvent ainsi pour la teinture des laines.

3° Enfin, quelquefois, on teint la laine mordancée dans la solution mixte du mordant et de la matière colorante.

En variant la concentration du mordant, on obtient du même bain colorant des tons différents de la même nuance, attendu que la quantité de couleur fixée sur une étoffe est proportionnelle à la quantité de mordant qu'elle a absorbée pendant l'opération du mordançage. Voilà comment il se fait qu'avec le même bain de garance, on peut produire des roses, des rouges pâles et des rouges foncés en y plongeant des fils ou des bandes de toile imprégnées de sels d'alumine à divers degrés de densité ; ou des lilas, des violets, des gris, des noirs quand les fils ou les bandes ont été apprêtés dans un mordant ferrugineux de plus en plus concentré.

Bains de teinture. — On appelle *bains de teinture* les dissolutions de matières colorantes dans lesquelles on plonge les objets à teindre. La manière de les préparer dépend de la nature des substances tinctoriales.

Le plus généralement on réduit celles-ci en brins, copeaux ou poudre plus ou moins fine, et on les épuise par de l'eau chaude ou même bouillante ; on sépare ensuite, par décantation ou filtration, les débris ligneux. Une grande simplification est aujourd'hui apportée dans cette partie du travail par l'emploi des

décoctions sirupeuses ou des extraits secs que des fabriques spéciales livrent aux teinturiers dans un grand état de perfection. Il suffit de les délayer dans l'eau chaude ou froide en quantité qu'on peut calculer d'après l'intensité des nuances qu'on veut obtenir.

Lorsque les matières colorantes ne sont pas solubles dans l'eau, on a recours aux dissolvants qui ont de l'action sur elles. Ainsi, on se sert d'alcool pour dissoudre le principe rouge de l'orcanette (*fig.* 151), de l'esprit de bois pour dissoudre les diverses couleurs de l'aniline, d'alcalis faibles pour préparer les bains de carthame et de rocou (*fig.* 152), d'alcalis et de corps désoxygénants pour monter les cuves d'indigo, ou d'acide sulfurique concentré pour dissoudre la même matière colorante aussi bien que celle de la laque et de la lac-dye (*fig.* 155).

Fig. 151. — Orcanette et sa racine tinctoriale. (Anchusa tinctoria.)

Fig. 152. — Rocouyer avec ses capsules *a* contenant le rocou. (Bixa orellana.)

Quand les matières colorantes sont altérables par la chaleur, comme le rouge de carthame, ou quand elles ont une grande affinité pour les fibres textiles, comme l'indigo, l'acide picrique, les couleurs d'aniline, etc., on teint à froid.

Mais plus généralement on teint à chaud. Il n'y a guère que pour les laines qu'on opère à la chaleur de l'ébullition; pour les autres matières textiles, la température des bains ne dépasse pas 75°, et plus habituellement on reste entre 30 et 40°.

On chauffe les bains de teinture, soit directement par un fourneau ordinaire sur lequel repose la chaudière en cuivre, soit

au moyen de la vapeur directe empruntée à un générateur et qu'on amène au fond de la cuve A par un tube vertical EF ouvert par le bas G, ou par un tube contourné GGE percé d'une multitude de petits trous (*fig.* 154-155). Ce dernier mode est préféré quand on a un grand nombre de bains à chauffer simultanément et pendant un temps déterminé, comme, par exemple, pour le mordançage des toiles.

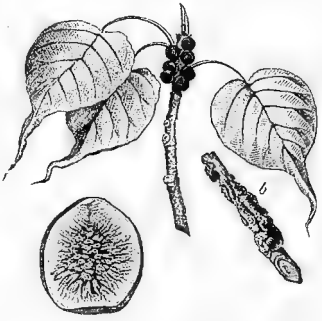


Fig. 153 — Figuier à la résine laque avec branche *b* couverte de résine tinctoriale.

En général, les matières textiles en fils et en flocons prennent plus de couleur dans les bains de teinture que lorsqu'elles sont en tissus, et elles se teignent d'une manière

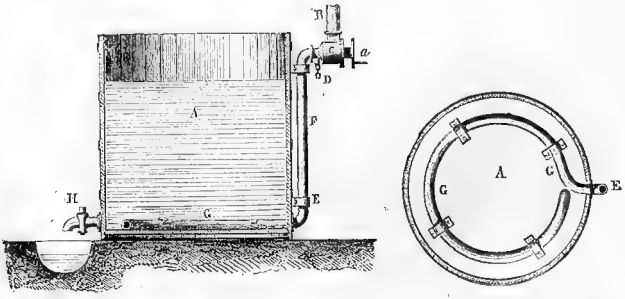


Fig. 154 et 155. — Bain de teinture chauffé par la vapeur.

plus solide ; il n'est pas toujours possible, toutefois, de leur donner la couleur sous les deux premières formes, parce que certaines nuances sont altérées par les manipulations de la filature et du tissage et surtout, quand il s'agit de la laine, par l'action du foulon.

Pendant la teinture, on a grand soin de renouveler souvent les surfaces de contact et de tenir plongées pendant le même temps

les différentes parties des substances à teindre, afin d'avoir des nuances unies et non *bringées* ou inégales.

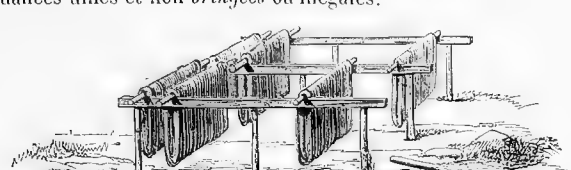


Fig. 156. — Étendage à l'air pour le séchage des écheveaux teints.

Après la teinture, on débarrasse les matières textiles du liquide des bains dont elles sont imprégnées ou des débris ligneux qui

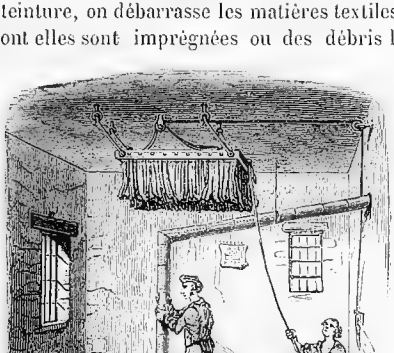


Fig. 157. — Branloire pour sécher les soies teintes.

s'y sont attachés. Ce nettoyage s'effectue à la main dans un cours d'eau, ou à l'aide des appareils qui servent au dégorgeage et dont je vous ai déjà parlé. On tord, on essore, et on termine le séchage le plus ordinairement à l'air libre, soit, quand il s'agit des cotons et des laines en écheveaux, sur les barres d'un étendage (*fig.* 156) établi dans une cour bien aérée, soit, quand ce sont des pièces, dans l'étendoir déjà figuré (p. 188).

On a souvent aussi recours aux étuves ou séchoirs à air chaud

ou à vapeur. Pour les soies, on sèche toujours à couvert dans une chambre bien aérée, qu'on peut transformer, à volonté, en étuve en hiver et dans les temps humides. L'important est que la dessiccation soit aussi rapide que possible, aussi suspend-on les écheveaux à un châssis rectangulaire, nommé *branloire*, mobile sur des crampons en fer, et auquel on imprime un mouvement continuel de balançoire (*fig* 157).

B. **Teinture par impression.** — Dans le second mode de colorer les tissus, on ne plonge plus ceux-ci dans des bains de teinture, mais on dépose à leur surface les matières colorantes suffisamment épaissies de manière à produire sur un fond blanc des points ou des dessins en couleur, ou sur un fond de teinte uniforme des points ou des dessins d'une autre nuance.

C'est donc une véritable peinture qu'on exécute, et comme dans les Indes et en Perse, où naquit cet art, on se servait du pinceau pour appliquer les couleurs, le nom de *toiles peintes* remplaça à juste titre ceux d'*indiennes* et de *perses* qu'on avait donnés d'abord aux tissus imprimés venant de l'Asie.

Cet art est bien ancien dans les Indes puisqu'on le pratiquait avant l'expédition d'Alexandre le Grand et que, d'après l'historien Hérodote, les habitants du Caucase imprimaient sur leurs vêtements des figures de différents animaux, à l'aide de mordants et de couleurs si solides qu'elles duraient autant que l'étoffe.

C'est seulement vers la fin du dix-septième siècle que les Hollandais importèrent en Europe l'industrie des toiles peintes. Elle se fixa en Suisse en 1689 et c'est de là que sortirent tous les chefs d'ateliers qui se répandirent en Allemagne, en Portugal, en France, notamment à Paris, à Rouen, à Mulhouse, etc. Le pinceau fut bientôt remplacé par des planches de bois gravées en relief et des planches de cuivre gravées en creux comme pour l'impression en taille-douce ; à partir de ce moment l'art fit des progrès rapides, grâce au perfectionnement de la mécanique et aux nombreuses découvertes de la chimie moderne.

Ne pouvant entrer dans tous les détails que comprend cette partie de la teinture, je me bornerai à vous donner une idée des principaux modes suivis pour recouvrir les pièces (coton, laine ou soie) de couleurs plus ou moins nombreuses et variées.

1° Le mode le plus simple et le plus ancien consiste à déposer sur les endroits que l'on veut colorier des laques végétales ou des couleurs minérales qu'on a incorporées dans une matière épaississante (gomme, amidon, farine, etc.), afin qu'elles ne s'étendent pas au delà des limites du dessin.

Quand on imprime à la main, on se sert d'une planche de poirier portant en relief le dessin qu'on veut reproduire sur le tissu (*fig.* 158). On charge cette planche de couleur en l'appuyant légèrement sur la surface d'un châssis recouvert uniformément de la matière à imprimer; on applique ensuite la planche sur la pièce bien tendue, de manière qu'elle dépose la couleur sur cette dernière, et on porte ainsi alternativement la planche sur le châssis et sur la pièce, jusqu'à ce que celle-ci soit imprimée en tous ses points.

Fig. 158. — Planche d'impression pour le travail à la main.

Depuis le commencement de ce siècle, grâce à l'invention d'Oberkampf de Jouy, on fait usage d'une méthode d'impression beaucoup plus expéditive. Les planches sont remplacées par des cylindres ou rouleaux de cuivre gravés en creux sur toute leur surface (*fig.* 159), d'une longueur un peu supérieure à la largeur de l'étoffe. Ils sont disposés dans un bâti en fonte (*fig.* 160), de manière à tourner et à se presser contre celle-ci, en emportant avec eux les couleurs qui doivent s'y fixer. Ils se chargent de couleur en tournant dans une boîte qui contient la matière épaissie, et, avant d'être pressés contre les pièces, une lame d'acier élastique (appelée *docteur* dans les ateliers), en effleurant leur surface, la nettoie de l'excédant qui brouillerait le dessin.

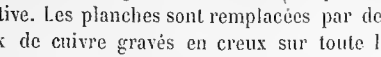


Fig. 159. — Cylindre ou rouleau gravé pour l'impression des tissus.

Aujourd'hui, il y a des machines à plusieurs rouleaux disposés autour du tambour central et qui, en agissant successivement sur la pièce qui passe au-dessus de chacun d'eux, donnent la facilité d'imprimer à la fois un assez grand nombre de couleurs.

Une autre machine qui fonctionne avec autant de rapidité et d'é-

économie, et dans laquelle les rouleaux en cuivre sont remplacés par des planches gravées en relief à la manière des planches à la main, imprime d'un seul coup sur toute la largeur des pièces ; c'est la *perrotine*, qui doit son nom à son inventeur, Perrot, de Rouen.

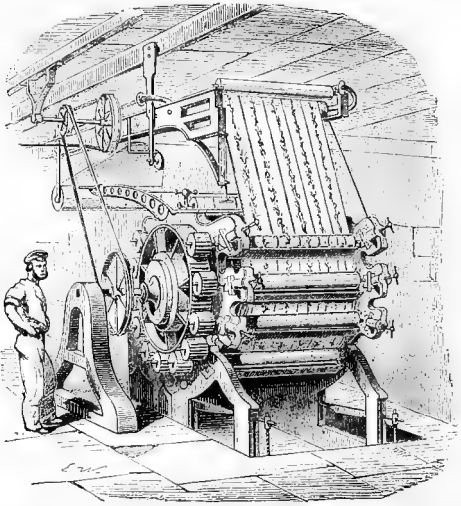


Fig. 160. — Machine à rouleaux pour l'impression des tissus.

Les pièces imprimées de quelque manière que ce soit sont desséchées, puis lavées à l'eau courante et séchées de nouveau le plus rapidement possible.

Ces *couleurs d'application*, comme on les appelle, sont les moins solides de toutes ; elles ne servent plus guère que pour la laine et la soie en articles communs. On les remplace par les *couleurs vapeur*.

Voici le principe sur lequel repose ce nouveau genre d'impression. Sur les pièces mordancées à l'avance en oxyde d'étain, on imprime les laques épaissies et maintenues à l'état soluble par l'intermède d'un acide volatil, puis on soumet les pièces ainsi chargées à l'action d'un courant de vapeur à faible pression pendant 30 à 45 minutes afin de chasser l'acide volatil et d'oxyder la laque, qui, dès lors, se précipite sur les fibres et s'y combine assez

fortement. A la faveur de l'humidité et de la chaleur réunies, une combinaison plus intime s'établit entre la matière colorante, l'oxyde et le tissu, en sorte que ces couleurs d'application qui, après l'impression, étaient très-facilement enlevées par un simple lavage à l'eau, se trouvent consolidées à un haut degré, en même temps qu'elles acquièrent une vivacité qu'elles n'avaient pas avant ce traitement.

On fixe quelquefois les couleurs d'application au moyen de l'albumine additionnée de gomme du Sénégal ; on y délaye, jusqu'en consistance de pâte fluide, la poudre colorée qu'on veut apposer sur l'étoffe (ocres, noir de fumée, bleu d'outremer, pâte-orange, laques végétales, etc) ; on imprime cette pâte soit à la planche, soit au rouleau, on sèche et on vaporise à sec. L'albumine se coagule et forme un vernis solide, transparent, qui tient les poudres englobées entre et sur les mailles du tissu avec assez de solidité pour les faire résister à l'action du savon bouillant.

2° Le mode d'impression qui donne les résultats les plus satisfaisants en ce que les couleurs sont généralement de grand teint, et qu'on emploie surtout pour les calicots, consiste à imprimer des mordants convenables sur des points déterminés, puis à passer les pièces dans un bain de teinture, comme pour la teinture ordinaire.

La matière colorante s'attache et se combine fortement avec les parties imprégnées de mordants, de sorte qu'il en résulte, pour ces seuls endroits, des couleurs vives et inaltérables ; tandis que ne tenant que faiblement sur les autres parties non imprégnées de mordants, on les fait disparaître par un simple lavage à l'eau courante et l'exposition pendant quelques jours sur le pré, ou par des passages dans des bains de chlorure de soude, de son ou de savon.

Les mordants utilisés dans ce genre d'impression sont pris parmi les sels très-solubles, incristallisables et dont l'acide volatil n'adhère que faiblement à sa base ; ce sont les chlorures d'étain, les acétates d'alumine, de fer, de cuivre, etc. On les épaissit, avant de les imprimer, avec les mêmes substances qui servent à donner de la consistance aux couleurs d'application, et après l'impression effectuée à la planche, au rouleau ou à la perrotine, on sèche lentement les pièces en les suspendant pendant quatre ou cinq jours dans des étendages ou des chambres chaudes (*fig.* 161.

pour vaporiser les acides des mordants, et pour que leurs bases se fixent solidement au tissu.

Au sortir des *chambres d'aérage*, on passe les pièces dans des bains chauds de son, ou de bouse de vache, ou de sels alcalins (phosphate ou silicate de soude), pour achever la combinaison des bases avec les fibres, enlever l'épaississant et les parties de mordants non combinées. On dégorge ensuite à plusieurs reprises à l'eau froide.

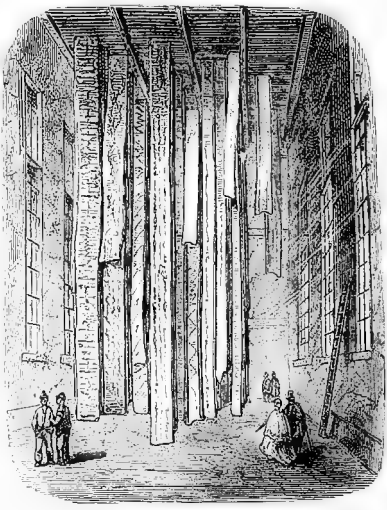


Fig. 161. — Chambre d'aérage ou d'oxydation pour la dessiccation des pièces mordancées.

On procède alors à la teinture dans des bains chauffés à la vapeur, contenus dans des caisses en bois surmontées d'un *trinquet* sur lequel la pièce, étendue au large, passe continuellement jusqu'à ce que la couleur soit montée au ton convenable, ce qui demande un temps variable, suivant la nature et la force des mordants.

Si l'indienne doit avoir plusieurs couleurs, noir, rouge, lilas, etc., on imprime successivement autant de mordants qu'il y a de couleurs différentes, à l'aide de petites planches dites *rentrures*, qui ne portent les nouveaux mordants que sur les endroits du dessin réservés par la première planche, dite *planche d'impression*. En passant ensuite la pièce dans le même bain de teinture, ou, après chaque impression, dans des bains différents, on voit apparaître sur cette pièce autant de nuances distinctes, qui s'harmonisent entre elles, et produisent des dessins variés d'un très-bel effet.

Ainsi une toile mordancée sur un point avec de l'acétate d'alumine, sur un autre avec de l'acétate de fer concentré, sur un troisième avec le même sel affaibli, enfin sur quelques endroits réservés avec un mélange d'acétate d'alumine et d'acétate de fer, donne dans un bain de garance des dessins *rouges* avec le premier mordant, des dessins *noirs* avec le second, des dessins *violets* avec le troisième, et des dessins *puces* avec le dernier.

3° Quelquefois on teint les étoffes comme à l'ordinaire, après avoir couvert les parties qu'on veut conserver blanches avec des matières qui les préservent de l'action du bain colorant, qui repoussent les matières colorantes, pour ainsi dire, et qu'on enlève après la teinture, afin de leur donner plus tard, si cela est nécessaire, une couleur différente de celle que la pièce a prise dans le bain.

Les substances qui servent ainsi à empêcher les couleurs de s'appliquer sur certaines parties des toiles, portent le nom de *réserves*, quand la couleur générale de la pièce est du bleu d'indigo à la cuve, et celui de *résistes* pour toutes les autres couleurs.

4° Très-souvent on s'y prend d'une tout autre manière pour avoir des dessins de diverses couleurs sur un fond uni. Tantôt, après avoir mordancé une toile, on applique, en des points déterminés, des substances qui ont la propriété de dissoudre le mordant et d'empêcher ainsi que la couleur du bain de teinture ne prenne dans ces endroits, ce qui produit des dessins blancs sur le fond coloré.

On nomme ces substances des *rongeants*. Ce sont ordinairement des acides végétaux, *citrique*, *tartrique*, *oxalique*, plus ou moins renforcés d'acides minéraux; ils dissolvent très-bien l'alumine et le peroxyde de fer appliqués sur les toiles. On les épaissit avant de les imprimer. Les toiles pour deuil sont préparées de cette manière.

Tantôt, après avoir teint une toile en une couleur déterminée, on imprime sur elle des rongeants qui détruisent la couleur qu'elle a reçue. Le sel d'étain, le chlore, le bichromate de potasse, en présence des acides, sont les agents destructeurs auxquels on a le plus souvent recours; le premier sert à ronger les fonds unis obtenus avec les peroxydes de fer et de manganèse; le deuxième, les fonds rouges grand teint dus à la garance; le troisième, les fonds bleus à l'indigo. Ces effets remarquables sont désignés dans les ateliers sous le nom spécial d'*enlevages*.

Vous voyez, par ce qui procède, que les arts de la teinture et de l'impression des tissus sont essentiellement chimiques, puisqu'en réalité on ne fait, dans les ateliers, que des réactions de laboratoire. Il est donc indispensable que les praticiens ne restent pas étrangers aux principes et aux pratiques d'une science qui est la base fondamentale de l'industrie qu'ils exercent.

Industrie du papier. — Une dernière application des matières végétales filamenteuses ou textiles dont il me reste à vous parler, c'est la fabrication du papier, que les Chinois, les Japonais, les Coréens pratiquèrent les premiers en appliquant à cet usage le coton, l'ouate, la peau du cocon du ver à soie, les jeunes pousses ou la partie fibreuse de l'écorce intérieure des bambous, du mûrier ordinaire, du mûrier à papier, la moelle d'une grande légumineuse, l'*œschynomène des marais*, etc.

Fig. 162. — Papyrus des bords du Nil.

A une époque postérieure, mais indéterminée, les Égyptiens se servirent également pour le même usage des feuillets minces de la partie la plus interne de l'écorce des arbres à bois tendre (tilleul, peuplier, saule, etc.), couches corticales que les Grecs nommèrent *byblos*, les Latins *liber*, d'où sont venus, chez eux comme chez nous, les mots *bible* et *livre*.

Quant à notre mot *papier*, il vient de *papyrus*, nom que les Latins donnèrent à une plante aquatique, espèce de roseau, de la famille des Cypéracées (*fig.* 162), qui croit en abondance sur les bords du Nil. Ils crurent, à tort, que c'était cette plante qui fournissait la matière première des feuilles sur lesquelles on écrivait, feuilles ou rouleaux qui prirent dès lors la fausse dénomination de *papyrus*.

Quoi qu'il en soit, la fabrication du papier égyptien est fort ancienne, puisqu'on a des fragments de papyrus qui remontent à plus de 4000 ans. Il s'ensuit donc que l'usage de l'écriture sur papier était très-commun en Égypte, lorsque les Grecs commencèrent à avoir des relations avec ce pays. Tout porte à croire que cet usage fut introduit en Grèce dès le dixième siècle avant Jésus-Christ.

Peu de temps après la conquête de l'Égypte par les Romains, le papier de cette nation fut presque exclusivement adopté en Italie et y devint un objet de première nécessité. Son emploi subsista jusqu'au huitième siècle de notre ère, époque à laquelle les Arabes, maîtres de l'Égypte, y introduisirent le papier de coton, dont ils avaient appris la fabrication à Samarcande, capitale de la Bucharie. L'usage et la préparation de ce nouveau papier passèrent d'Afrique en Europe vers le onzième siècle.

C'est alors que les Maures d'Espagne, établis à Valence, imaginèrent de remplacer le coton par le chanvre et le lin ; les premiers essais furent si heureux qu'en peu d'années l'usage du papier de coton fut abandonné dans tout l'Occident. La rareté toujours croissante des chiffons de lin a fait reprendre, depuis une trentaine d'années, l'emploi du coton pour cette industrie, bien qu'il fournisse un papier mou et sans corps, en raison de la moindre ténacité de sa fibre ligneuse ; en revanche, la pâte est plus blanche et plus propre à recevoir les empreintes de la gravure.

Généralement, on mélange actuellement les chiffons de diverses natures végétales pour le papier ordinaire. Voici comment on procède dans les papeteries modernes :

Les chiffons, d'abord triés et assortis suivant leur degré de finesse, de blancheur et d'usure, sont débarrassés des poussières qui les salissent par un battage énergique dans une machine appropriée, lavés à grande eau et soumis à un lessivage de trois à six heures avec 2 p. 100, en moyenne, de sel de soude à 70°. Après quoi, on les rince dans une caisse à grilles métalliques.

Il s'agit alors de changer la forme de la matière première, de détruire sa tissure, d'isoler les fibres textiles, pour les mélanger ensuite de manière à en faire une pâte homogène. Cette opération, dite *défilage* ou *effilochage*, s'exécute dans une machine inventée vers le milieu du dix-huitième siècle par les Hollandais, et qu'on

appelle, pour cette raison, *moulin à cylindre*, *pile* ou *défileuse des Hollandais* [1].

C'est une caisse en bois ou en métal AA (*fig.* 165), dans laquelle il y a un cylindre B dont la circonférence est armée de lames métalliques qui se rencontrent, pendant la rotation, avec d'autres lames semblables adaptées au fond de la caisse C. — Le cylindre

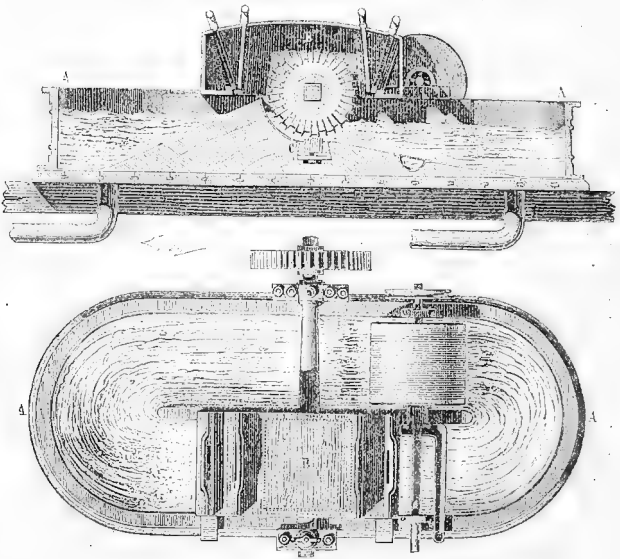


Fig. 165. — Moulin à cylindre des Hollandais pour l'effilochage des chiffons.

étant mis en mouvement avec une vitesse de 120 tours par minute, on jette une certaine quantité de chiffons dans la caisse, où ils sont entraînés avec une grande rapidité par les lames du

[1] C'est Pierre Montgolfier qui, à la suite d'un voyage qu'il fit en Hollande, au milieu du siècle dernier, importa en France les procédés hollandais pour le déchiquetage des chiffons. C'est également lui qui imagina le nouveau mode de *collage* du papier dans sa pâte. C'est un autre membre de cette illustre famille, Joseph Montgolfier, qui introduisit chez nous la fabrication du papier *velin* déjà connu en Angleterre depuis 1757; d'autres affirment qu'il en fut l'inventeur

cylindre, qui les déchirent et les déposent, sous forme de pâte grossière, sur un plan incliné à jours où elle s'égoutte. Pendant cet effilochage, de l'eau est sans cesse introduite dans la caisse, pour laver en même temps les chiffons.

La pâte est soumise à l'action de cylindres plus rapprochés du fond de la caisse, jusqu'à trois reprises différentes, afin de l'avoir plus fine et plus homogène. Dans cet état, elle est bien lavée, mais elle conserve encore une couleur qui dépend de celle qu'avaient les chiffons.

On la blanchit en la plaçant dans des chambres ou caisses en pierre, qu'on peut hermétiquement fermer, et dans lesquelles on fait arriver du chlore gazeux, qui reste en contact avec elle pendant 18 à 24 heures ; ou bien, on laisse séjourner sur elle, pendant plus ou moins de temps, une dissolution de chlorure de chaux, faite dans les proportions de 1 kilogr. 600 gram. à 2 kilogr. de chlorure sec par 100 kilogr. de pâte.

Celle-ci étant bien décolorée, on la fait repasser plusieurs fois sous les cylindres, tant pour la bien laver que pour la diviser davantage. C'est alors de la cellulose presque pure, qu'il suffit d'étendre en couches minces pour la tranformer en papier. On y parvient soit *à la main*, soit *à la mécanique*.

Dans le premier cas, on délaye la pâte dans l'eau d'une grande cuve, où l'ouvrier plonge un châssis métallique sur lequel une couche uniforme de pâte s'applique. On la fait égoutter en retirant le châssis, et quand elle a une consistance assez ferme, on la presse entre des draps de laine pour la sécher plus complètement. Les feuilles, ainsi obtenues, sont superposées et pressées de nouveau, puis séchées sur des cordes dans un grenier.

Le papier destiné à l'écriture est *collé* après sa dessiccation c'est-à-dire qu'on le recouvre d'un savon résineux d'alumine qui l'empêche de boire l'encre. On arrive à ce résultat en plongeant les feuilles dans une dissolution faible et tiède de colle d'amidon, de savon, de résine et d'alun ou de sulfate simple d'alumine, les pressant et séchant de nouveau. On les soumet, en dernier lieu, à l'action de presses sèches puissantes pour leur donner de la fermeté et rendre leur surface douce et polie. On assemble 24 à 25 de ces feuilles pour en composer une *main;* 20 de ces mains forment ce qu'on appelle une *rame*.

Aujourd'hui, la majeure partie du papier est façonnée d'une manière continue, au moyen d'une machine fort ingénieuse inventée en 1799 par Louis Robert, simple ouvrier dans une papeterie d'Essonne. Je résumerai en quelques lignes son fonctionnement.

La pâte, *collée* à l'avance, tombe incessamment, en bouillie laiteuse, sur une toile métallique sans fin qui l'entraîne avec elle et qui est animée d'un mouvement transversal de *va-et-vient* pour l'étendre uniformément et la faire égoutter. La feuille, ayant déjà une certaine consistance, passe entre deux cylindres garnis de feutre qui lui enlèvent une grande partie de son eau, et, après avoir subi la pression de deux autres cylindres, elle s'enroule successivement sur deux nouveaux cylindres chauds et polis qui la dessèchent et font disparaître les inégalités de sa surface.

Deux minutes suffisent pour rendre le papier parfait, à partir du moment où la pâte s'écoule sur la toile métallique ; celle-ci marche avec une vitesse qui fournit environ 25 mètres carrés par minute, ou une longueur de 1200 mètres en 12 heures sur une largeur de 1 mètre et demi, dimensions ordinaires de la machine. L'immense rouleau de papier ainsi obtenu est découpé en feuilles de longueur convenable, au moyen d'une autre machine inventée par un ingénieur anglais, Edwards Cowper.

Le papier *à la mécanique* se distingue du papier *à la main*, en ce qu'il ne présente pas les lignes croisées qui sont les traces laissées par les fils de laiton des châssis, et en ce que, collé dans toute sa masse, il supporte l'action du grattoir sans devenir *buvard*, ce qui n'a pas lieu avec le papier *à la main*, qui n'est collé qu'à sa surface.

Les pays qui produisent le plus de papier sont les États-Unis d'Amérique, la Grande-Bretagne et la France. Voici quelques chiffres qui montrent l'importance relative de cette industrie dans ces trois grands États :

	Amérique du Nord.	Grande-Bretagne.	France.
Chiffons consommés annuellement, en kilogr.	184 millions	114 millions	100 millions
Nombre de papeteries.	800	850	250
— de machines.	3000	1500	350
Papier produit annuellement, en kilogr. . .	123	99	75

Cette énorme consommation de chiffons a fait élever leur prix et provoqué des essais nombreux pour les remplacer par d'autres

matières filamenteuses plus communes et moins chères. Les cordes et cordages, les vieux filets de pêche, les déchets de filature et de sparterie, le foin, la paille, le bois blanc, l'alfa, le diss et le palmier nain d'Algérie, sont actuellement utilisés, non pas seuls, mais associés en certaines quantités aux chiffons ordinaires. C'est surtout la paille qui fournit les meilleurs résultats.

Pour les papiers de couleur, on introduit dans la pâte, avant de la façonner, du sulfate d'indigo ou du bleu de Prusse, de l'extrait de campêche ou de Lima, du chromate de plomb, etc., suivant la teinte qu'on veut donner. L'*azurage* du papier blanc s'obtient avec le bleu de cobalt, l'outremer artificiel, le bleu de Prusse ou les cendres bleues.

Les papiers peints sont imprimés à l'aide de manipulations peu différentes de celles qui sont suivies pour l'impression des tissus de laine et de soie, avec des couleurs minérales ou des laques broyées à l'eau et détrempées à la colle, ou avec des décoctions colorées épaissies à l'amidon.

Cet art nous est venu de la Chine où, de temps immémorial, on peint sur le papier fin des dessins imitant les indiennes. C'est en 1746 qu'on commença à le pratiquer en Angleterre ; ce n'est que vers 1780 qu'il fut introduit en France par les nommés Arthur et Robert.

Les cartons communs sont fabriqués avec les rognures et les débris de papier de toute espèce, que l'on réduit en pâte ; on leur donne de la roideur en y introduisant du savon de résine. Les cartons fins et les cartes à jouer sont obtenus par la superposition de feuilles de papier plus ou moins épaisses que l'on colle ensemble, et qu'on passe ensuite au laminoir pour les rendre plus lisses et plus compactes. L'enluminure des cartes à jouer se fait au pinceau avec des couleurs gommées. C'est encore aux Chinois qu'on en est redevable ; ils s'en amusaient dès l'an 1120 avant l'ère chrétienne. Elles étaient connues en Europe bien avant l'époque de saint Louis, puisqu'une ordonnance de ce prince (décembre 1254) défend de jurer et de jouer aux cartes.

Le *carton-pierre*, avec lequel on fait des ornements sculptés pour la décoration des théâtres et des appartements, n'est autre chose qu'un mélange de pâte à papier, de colle-forte et de craie, que l'on moule et qu'on sèche.

TISSUS ANIMAUX.

Deux industries importantes reposent sur l'exploitation du tissu cellulaire des animaux, à savoir : la fabrication de la gélatine et la conversion des peaux en cuir. Je vais vous en donner une idée sommaire.

Fabrication de la gélatine. — Dans les arts, on distingue plusieurs espèces de gélatine, non pas qu'elles aient des propriétés chimiques distinctes, mais uniquement en raison de leur origine, de leur degré de pureté, de leurs usages.

Ainsi, on appelle *colle de Flandre* et *colle-forte*, la gélatine obtenue par l'action prolongée de l'eau bouillante sur le tissu cellulaire de la peau, des tendons, des cartilages, des os, etc.

Pour la *colle de Flandre*, on emploie les matières premières les moins colorées et les plus fines, telles que les rognures de peaux blanches, de parchemin, de vélin, certaines espèces de cuirs blancs, les peaux d'anguilles, de chevaux, de chats, de lapins, débarrassées de leurs poils.

Pour la *colle-forte*, on utilise toutes les matières analogues communes, telles que les peaux, les tendons et les pieds de bœufs, les oreilles de moutons, de veaux, de chevaux, les débris de tannerie, les surons, les sacs de peau, les débris des bourreliers, les os, etc.

Dans tous les cas, les procédés sont les mêmes. Quand on opère sur des peaux et matières analogues, qu'on désigne dans les ateliers sous le nom de *colles-matières*, on commence par les ramollir dans l'eau froide afin de les hydrater et de les dépouiller de la chaux qui a servi à leur conservation en magasins. On leur fait ensuite subir trois décoctions de quatre à cinq heures dans l'appareil suivant (*fig.* 164).

A, réservoir à eau ; B, chaudière de coction, avec faux-fond métallique percé de trous, pour empêcher les matières de s'attacher au premier fond ; C, chaudière inférieure destinée à recevoir et à concentrer le liquide gélatineux écoulé de la chaudière B ; D, petit seau servant à porter le liquide dans les moules.

Lorsque, après les trois décoctions, on a réuni dans la chaudière C toutes les liqueurs gélatineuses qui en proviennent, on les

clarifie en y jetant quelques centièmes d'alun en poudre, on les concentre jusqu'à ce qu'elles puissent se prendre en gelée consis-

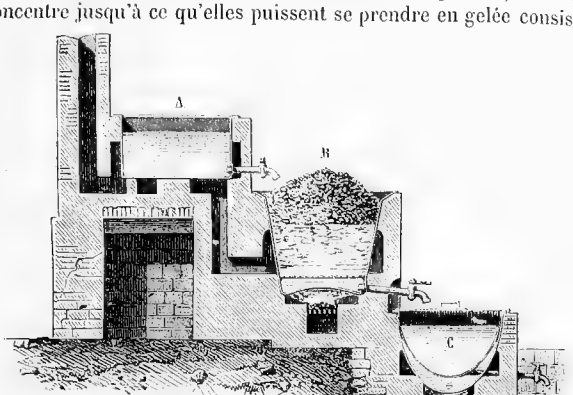


Fig. 164. — Appareil pour la fabrication de la colle de Flandre et de la colle-forte.

tante par le refroidissement, on tire à clair et on les coule dans des moules de bois de sapin, placés dans un endroit frais (*fig.* 165).

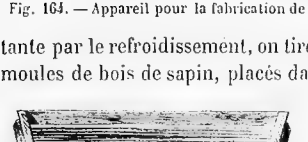


Fig. 165. — Moule en sapin pour la prise en gelée des liqueurs gélatineuses.

Au bout de quinze à dix-huit heures, on trouve dans chaque moule une masse molle et tremblante, mais assez ferme, toutefois, pour qu'en renversant le moule sur une table humide elle s'en détache en un seul pain, qu'on découpe alors en tranches minces au moyen d'un fil de laiton, de la même manière qu'on coupe un pain de beurre (*fig.* 166). Ces tranches sont déposées sur des treillages en cordes ou en fils métalliques, et portées dans des séchoirs en bois, à feuillets mobiles, que traverse un courant d'air tiède.

Ce n'est guère qu'au printemps et à l'automne que la dessiccation peut s'effectuer régulièrement et sans accident, car pendant

les grandes chaleurs, la gélatine se liquéfie, et dans les temps froids, elle se fendille, se gerce et se déforme. En temps convenable, il en résulte des tablettes minces et demi-transparentes, incolores, ou plus ou moins colorées, qu'on embarille et qu'on conserve dans un lieu sec. Ces tablettes gardent toujours l'em-

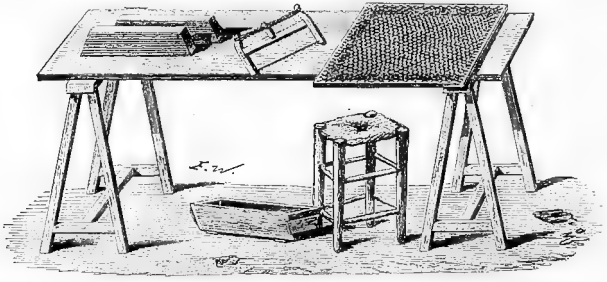


Fig. 166. — Découpage de la gélatine molle en tranches minces et mise en dessiccation.

preinte des cordes ou des fils des châssis sur lesquels on a placé les tranches molles de gelée.

Quand on se sert des os pour la fabrication de la colle-forte, on procède de deux manières différentes.

Tantôt, comme dans les usines du Midi, on soumet les os concassés à l'action de l'eau portée à la température de 121° à 135° dans une autoclave (*fig.* 167), pendant trois heures. La solution gélatineuse, séparée par décantation des sels calcaires des os, a besoin d'être concentrée plus fortement que par les autres modes, parce que la gélatine a été sensiblement altérée par la haute température à laquelle le tissu cellulaire a été exposé.

Tantôt, on dépouille à l'avance les os, d'après la méthode de d'Arcet, des 60 pour 100 de sels minéraux qu'ils contiennent, en les laissant tremper dans de l'acide chlorhydrique très-faible (à 6°), pendant environ dix jours. Ils sont alors complètement ramollis, quelle que soit leur grosseur, demi-transparents et aussi flexibles que le jonc; ils ne consistent plus qu'en tissu cellulaire, qu'on purifie par des lavages, et qu'on convertit en gélatine soluble par l'ébullition dans l'eau sous la pression ordinaire. En opérant en grand, on obtient ainsi de 22 à 24 pour 100 de colle sèche.

Les diverses qualités de *colle de Flandre* et de *colle-forte* sont désignées commercialement par les noms des pays de fabrication. Les plus estimées sont celles de Rouen et de Bouxwillers ; en se-

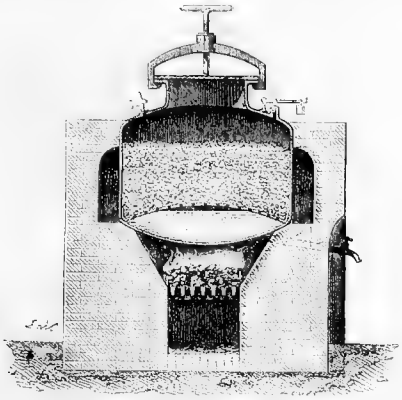


Fig. 167. — Traitement des os par l'eau dans une chaudière autoclave.

cond lieu, celles de Hollande, de Cologne, de Flandre, de Givet ; les plus faibles sont celles de Souabe, d'Allemagne, de Paris.

La *colle au baquet* n'est qu'une colle tremblante qu'on fabrique au jour le jour pour l'usage des peintres en détrempe, des cartonniers et des fabricants de papiers peints.

La *colle de poisson* ou *ichthyocolle* est tout simplement la membrane interne de la vessie natatoire de l'esturgeon (*fig.* 168), rou-

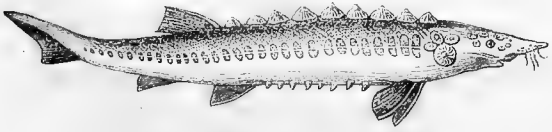


Fig. 168. — Grand esturgeon du Volga. (Acipenser huso.)

lée en forme de lyre ou ployée en carré, puis blanchie par le gaz acide sulfureux, et séchée. Il suffit de faire tremper ce tissu cellulaire dans l'eau chaude, pendant quelque temps, pour qu'il se dis-

solve presque entièrement. Deux centièmes en hiver, et trois centièmes en été, donnent une gelée consistante.

C'est avec cette *colle de poisson* et la belle *colle de Flandre* de Rouen, dite *grènetine*, qu'on prépare les gelées alimentaires, en y associant du sucre, des aromates et du vin ou du rhum. On s'en sert également pour la clarification des diverses boissons alcooliques, puis pour donner du lustre et de la consistance aux étoffes de soie, aux rubans, aux gazes, pour faire la *colle à bouche*, le *taffetas d'Angleterre*, les capsules pharmaceutiques dans lesquelles on enferme les médicaments de saveur désagréable.

Le *papier-glace* ou *papier-gélatine* n'est autre chose que de la colle de Flandre incolore ou colorée avec des décoctions de bois, qu'on a coulée en couches excessivement minces sur des glaces enduites de fiel de bœuf pour qu'elles n'y adhèrent pas. Ces feuilles, transparentes comme le verre, sont très-utiles pour calquer des dessins, faire des épreuves lithographiques, confectionner des fleurs artificielles, des pains à cacheter, des cartes d'adresse et de visites, etc.

Les colles-fortes sont employées principalement pour coller les bois, les papiers, les cartons, pour le gommage et l'apprêt des tissus communs, l'encollage ou parage des chaînes de tisserands. Pour se servir d'une colle sèche, il faut toujours la laisser tremper dans l'eau froide pendant plusieurs heures, puis la chauffer au bain-marie jusqu'à ce qu'elle soit fondue.

Si l'on fait dissoudre au bain-marie de la belle colle-forte transparente, avec un poids égal de vinaigre très-fort, un quart d'alcool et une petite quantité d'alun, on obtient une *colle liquide*, de bonne conservation et qui est fort commode pour une foule de petites opérations pour lesquelles il faut une substance adhésive et collante.

Fabrication du cuir. — Dans la troisième année de ce Cours, je vous ai appris que l'*acide tannique* des végétaux astringents a la remarquable propriété de s'unir intimement à la peau fraîche des animaux et de la mettre dès lors à l'abri de la pourriture. Eh ! bien ! c'est sur ce fait que repose l'art du tanneur ou du fabricant de *cuir*, nom que prend la peau rendue imputrescible par sa combinaison avec le tannin. Le mot *tannage*, dérivé de *tan*, qui désigne l'écorce de chêne réduite en poudre grossière, comprend l'en-

semble des opérations à l'aide desquelles on obtient cet important résultat.

La conversion des peaux en cuir ou, au moins, en une matière résistante à l'usure et devenue imperméable à l'eau, est une industrie des plus anciennes, que l'on trouve pratiquée chez tous les peuples primitifs, chez les peuplades les plus sauvages. Les Chinois la connaissaient 1766 ans avant l'ère chrétienne ; les anciens Égyptiens l'exerçaient et la firent connaître aux Grecs ; ceux-ci la transmirent aux Romains qui la portèrent à une assez grande perfection relative. On sait peu de chose, toutefois, sur les procédés employés.

Le tannage proprement dit, c'est-à-dire l'emploi des matières végétales astringentes, telles que le sumac, les écorces de chêne, de châtaignier, des mimosa, les gousses de bablah, de dividivi, les excroissances ou galles des arbres, le cachou, la noix d'arec, etc., n'a dû être pratiqué que fort tard, car il suppose des connaissances industrielles déjà fort étendues.

Fig. 169. — Chêne à crochets.

De toutes les substances astringentes connues, l'écorce du chêne, et spécialement du *chêne à crochets* (*quercus glomerata* des botanistes) (*fig.* 169), est celle qui est généralement employée en Europe et préférée à toutes les autres.

Les peaux arrivent au tanneur sous deux états : fraîches, telles qu'elles proviennent des abattoirs; sèches, salées ou non, apportées par le commerce de Bahia et de Buénos-Ayres. Chaque sorte de peau a sa destination spéciale, ainsi :

Les peaux de buffles et de bœufs servent à la fabrication des cuirs forts.
— vaches, veaux, chevaux — cuirs mous.
— moutons, chèvres, chevreaux, agneaux — cuirs minces et flexibles pour gants et maroquins.
— porcs, boucs, ânes — cuirs pour coffres, cribles, tambours, etc.

Le tannage comprend quatre opérations distinctes :

La première a pour objet de dépouiller les peaux des chairs, des cornes, et de les laver. La deuxième consiste à les *débourrer*, c'est-à-dire à enlever le poil qui les recouvre; ce qui se fait en les tenant plongées pendant plusieurs jours, à la température ordinaire, dans une dissolution très-faible de chaux ou d'acide sulfurique, ou dans de l'eau aigrie par la fermentation de l'orge et de la levûre, ou dans de la *jusée*, qui n'est autre chose que de l'eau aigrie par son contact avec la *tannée* ou *tan* usé. Quelquefois, on se contente de laisser les peaux en tas dans un lieu chaud.

Dans tous les cas, les peaux se gonflent, se distendent, et leurs pores s'ouvrent de manière qu'on peut facilement en arracher le poil, en les grattant avec un couteau rond (*fig.* 170), après les avoir étendues sur un chevalet (*fig.* 171), du côté de la chair. L'épiderme est aussi enlevé avec les poils, parce qu'il ne se combine pas avec le tannin.

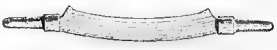


Fig. 170. — Couteau rond ou émoussé des tanneurs.

Fig. 171. — Chevalet pour le débourrage des peaux.

La troisième opération consiste à tenir les peaux dans une eau courante pour les ramollir, et à les étirer ou gratter de nouveau.

La quatrième opération est le tannage proprement dit. On superpose les peaux dans de grandes cuves en bois ou en maçonnerie, dites *fosses*, avec du tan, et on arrose le tout. Le tannin de l'écorce se dissout et est successivement absorbé par les peaux, qui se durcissent. Au bout de trois mois de contact, on renouvelle le tan, opération qu'on fait une troisième fois, en sorte que le tannage n'est complet qu'au bout de dix à douze mois.

Au sortir des fosses, les cuirs, complétement tannés, sont desséchés lentement à l'ombre; ils ont alors une couleur jaune, plus ou moins foncée, dans toute leur substance. On ne consomme pas beaucoup moins de 300 kilogr. d'écorce pour 100 kilogr. de peaux fraîches, et le poids de celles-ci s'élève à 150 kilogr. par le tannage.

Ce procédé général subit certaines modifications suivant la nature des peaux et le genre de cuir qu'elles fournissent.

Les cuirs forts de bœufs et de buffles servent pour semelles et bottes fortes;

Les cuirs mous de vache, de veau, de cheval pour les tiges de bottes fines et souliers minces, pour les harnais, etc.

Le *maroquin* est de la peau de chèvre tannée et mise en couleur du côté de la chair. C'est du Maroc que l'art d'apprêter cette sorte de cuir a été importé en Europe; c'est actuellement la France qui est la maîtresse de cette industrie.

Le *cuir de Russie* doit sa qualité à l'huile empyreumatique de bouleau dont on l'imprègne.

Le *cuir verni*, dont l'usage se répand de plus en plus, est une invention française du commencement de ce siècle; il est recouvert de plusieurs couches d'une solution de bitume de Judée et de vernis gras au copal dans l'essence de térébenthine et de l'huile de lin lithargyrée.

Les *cuirs colorés* sont tannés avec le sumac ou la noix de galle.

Les *cuirs blancs* faits avec les peaux de chevreau, de mouton, d'agneau, et qui sont destinés à des ouvrages délicats, sont rendus imputrescibles par leur séjour dans une solution d'alun et de sel commun. Il se produit un chlorure d'aluminium qui se combine au tissu animal et le rend inaltérable. C'est là ce qui constitue l'*art du mégissier*.

Les peaux de chamois, de daim, de chèvre, etc., pour gants, sont tannées légèrement dans une infusion d'écorce de saule, desséchées, puis imprégnées d'huile pour leur donner le moelleux et la souplesse nécessaires.

Le *parchemin* est fait avec les peaux de mouton et de chèvre, qu'on passe en chaux, qu'on étend sur des cendres pour les décharner et les réduire à l'épaisseur convenable, et qu'on frotte avec une pierre ponce pour les adoucir. Le *vélin*, plus fin et plus blanc, se fait avec les peaux de veaux, de chevreaux ou d'agneaux mort-nés. L'emploi du parchemin remonte, en Orient, à la plus haute antiquité; il fut perfectionné plus tard à Pergame, d'où lui est venu son nom.

CHAPITRE II

PRINCIPES ET PRODUITS IMMÉDIATS EMPLOYÉS JOURNELLEMENT

Les industries se rattachant à cette division sont celles des sucres, des corps gras, des savons, des bougies, etc.

EXTRACTION DU SUCRE COMMERCIAL.

Le sucre commercial, c'est-à-dire celui qui sert dans l'alimentation et les autres besoins de l'économie domestique, est retiré presque exclusivement de la canne et de la betterave.

Traitement de la canne à sucre. — Voici comment on opère dans les colonies intertropicales anglaises et françaises.

Lorsque la canne (*fig.* 172) est près de fleurir, on en retranche le sommet ou la flèche qui est très-peu sucrée et qu'on réserve pour bouture, on coupe le reste de la tige très-près de terre, on en forme des bottes qu'on porte au moulin pour en extraire le suc.

Le moulin actuel se compose de trois gros cylindres creux A B C (*fig.* 173), en fonte, placés horizontalement dans un bâti très-solide en fonte, avec armature de fer forgé. Les cannes sont amenées par un tablier sans fin F G sur une table inclinée H, d'où elles passent entre les cylindres A et B qui les écrasent et les compriment; une lame courbe en tôle les conduit entre les cylindres A et C, qui sont plus rapprochés, de manière que la pression est graduée et aussi complète que possible. Le mouvement est communiqué par une grande roue à pignon au cylindre A qui, à son tour, fait tourner les deux autres au moyen de roues d'engrenage. On fait marcher lentement le système pour laisser au jus le temps de s'écouler; on en extrait jusqu'à 80 pour 100.

On donne le nom de *bagasse* à la canne ainsi exprimée ; on l'emploie comme combustible.

Fig. 172.
Canne à sucre (Arundo saccharifera).

Quant au jus, dit *vesou*, qui s'est réuni dans un réservoir inférieur, on se hâte de le clarifier ou *défequer* aussi promptement que possible, en l'additionnant de quelques centièmes de chaux et le chauffant jusqu'à + 60° environ dans une grande chaudière de fonte ou de cuivre. On enlève à mesure les écumes qui viennent à la surface (c'est un mélange de cire, d'albumine, de chlorophylle, de débris ligneux, de silice, de phosphate de chaux), et quand il est suffisamment clarifié, on le cuit rapidement dans une autre chaudière voisine jusqu'à ce qu'il marque 25° à l'aréomètre ; on le filtre alors à travers une étoffe de laine.

On l'évapore ensuite, dans d'autres chaudières, en consistance de sirop très-épais, puis on le verse dans une large bas-

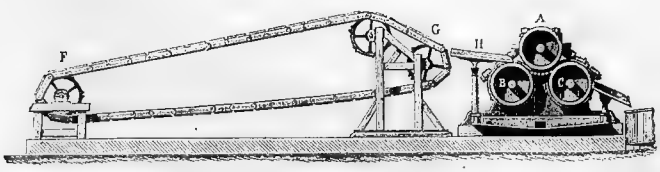


Fig. 173. — Presse pour l'extraction du suc de la canne.

sine pour en accélérer le refroidissement, et bientôt après dans

des caisses ou tonneaux percés de trous, qui sont momentanément bouchés. Quelque temps après, on le remue avec une latte de bois pour favoriser la cristallisation. Le sucre ne tarde pas à se prendre en une masse confuse de petits cristaux irréguliers.

On débouche alors les trous pour donner issue au sirop non cristallisé; on laisse sécher le sucre solidifié, qu'on expédie en Europe sous les noms de *sucre brut*, de *moscouade*, de *cassonade*.

Le sirop est cuit de nouveau et à plusieurs reprises, jusqu'à ce qu'il ne donne plus de cristaux; il est alors épais et de couleur brune; c'est ce qu'on appelle de la *mélasse*, qu'on utilise principalement à la fabrication du *rhum*.

Cette mélasse contient généralement 63 pour 100 de sucre cristallisable, 13 pour 100 de sucre incristallisable, 9 pour 100 de matières minérales, de substances azotées et mucilagineuses, enfin 15 pour 100 d'eau.

De 100 parties de vesou, on ne retire guère que 10 à 12 pour 100 de sucre, bien qu'il en contienne à peu près 20 pour 100. Cette perte est due à l'imperfection du procédé suivi, puisqu'il suffit d'évaporer rapidement le vesou, au-dessous de 100°, pour en extraire, à l'état cristallin, tout le sucre qu'il renferme.

Depuis qu'on a introduit dans les sucreries des Colonies les procédés et les appareils perfectionnés de l'Europe pour le traitement de la betterave, on obtient de la canne des rendements plus forts et des produits bien supérieurs en qualité.

Fig. 174. — Betterave à sucre.

Traitement de la betterave. — Je vous l'ai dit antérieurement, l'espèce de betterave qu'on exploite de préférence pour l'extraction du sucre, est la *betterave blanche de Silésie*, variété à *collet rose* (*fig.* 174), parce que c'est la plus riche, la plus facile à travailler, et celle qui se conserve le mieux après sa récolte.

Cette racine contient moitié moins de sucre que la canne, et n'en fournit guère plus de 5 1/2 à 6 pour 100.

On déchire à l'aide d'une râpe puissante, tournant avec une vitesse de 800 tours à la minute, les petites cellules qui renferment le suc. La pulpe, après avoir été enfermée dans des sacs de laine ou de crin, est soumise à l'action d'une presse hydraulique, agissant avec la force énorme de 80000 kilogr.; on obtient ainsi jusqu'à 82 pour 100 de jus, pesant en moyenne de 4 à 6° au pèse-jus, suivant la qualité des betteraves employées.

Ce jus, beaucoup plus chargé de matières étrangères, notamment de matières albuminoïdes que le vesou, et partant encore plus disposé à fermenter que ce dernier, est soumis le plus rapidement possible à la défécation, dans des chaudières à double fond, chauffées par la vapeur (*fig.* 175). La quantité de chaux employée varie de 4 à 10 kilogr. par hectolitre de jus. Cette chaux éteinte, passée au tamis, est délayée dans 10 fois son poids d'eau, et c'est ce lait de chaux qu'on verse dans le jus à défequer; on porte celui-ci à la température de 95°.

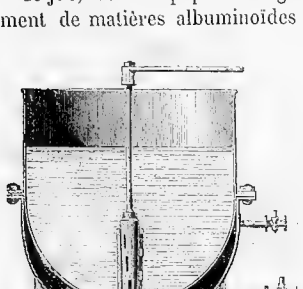


Fig. 175. — Chaudière de défécation du jus de betterave.

Cette grande quantité de chaux a pour but, non-seulement de coaguler et de rendre insolubles les substances étrangères au sucre, mais encore de former avec celui-ci un saccharate soluble qui résiste mieux aux causes d'altération et donne moins de déchet dans le courant du travail. Il se forme donc des écumes verdâtres et le jus s'éclaircit.

L'idée première de ce mode de défécation avec grand excès de chaux, appartient à M. Kuhlmann, de Lille; mais c'est M. Rousseau, aidé de MM. Cail et Lequime, qui en a fait un procédé industriel.

Le jus bien défequé, est décanté et filtré sur une toile pelucheuse, recouverte de 25 centimètres de gros noir; il en sort limpide et

un peu jaune. On le fait passer dans une nouvelle chaudière à défèquer, semblable à la première, G (*fig.* 176), et communiquant avec une source d'acide carbonique, afin de décomposer le saccharate de chaux et de mettre le sucre en liberté.

Le gaz carbonique est produit dans un four clos, en tôle doublée de maçonnerie B, chargé de charbon de bois et de coke. Une pompe foulante horizontale A, mue par une petite machine à va-

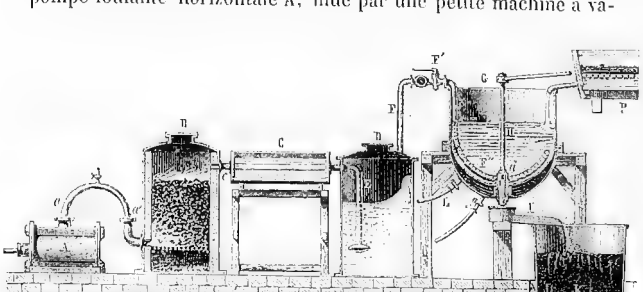


Fig. 176. — Appareil Rousseau pour la défécation au moyen de l'acide carbonique.

peur horizontale à haute pression (qu'on ne voit pas dans la figure), injecte constamment de l'air dans l'intérieur du four, au moyen du tube courbe à robinet $a\,a'$.

Les produits de cette combustion forcée, consistant en gaz acide carbonique, azote et oxygène, s'écoulent par le tube c, dont la plus grande partie est plongée dans un réfrigérant C, et arrivent par le tube E terminé en pomme d'arrosoir dans l'eau du laveur D, où ils déposent les cendres qu'ils entraînent ; ils en sortent par le tuyau F, garni d'un robinet F', et qui se recourbe pour plonger dans la chaudière de défécation G ; la partie inférieure de ce tuyau F'' est entaillée de petits traits de scie par lesquels le gaz carbonique impur pénètre dans le jus sucré.

Celui-ci étant visqueux, il se produit une mousse fort abondante dont on empêche le débordement par un peu de beurre ou d'axonge ; cette mousse s'affaiblit à mesure que la décomposition avance, et

elle cesse de se produire dès que la saturation de la chaux par l'acide carbonique est achevée.

Comme alors toute viscosité a disparu, on porte le liquide à l'ébullition au moyen d'un jet de vapeur L dans le double fond; l'excès d'acide carbonique se dégage; le liquide trouble est ensuite dirigé, au moyen du robinet *d* à longue tige H, dans une rigole inférieure I qui le conduit dans des filtres remplis de noir en grains n'ayant pas encore servi.

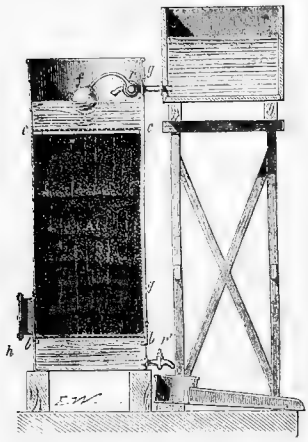


Fig. 177. — Filtre-Dumont.

Ces filtres que l'on appelle *Filtres-Dumont*, du nom de leur inventeur, sont de grands bacs cylindriques en tôle A (*fig.* 177), qui contiennent jusqu'à 4000 kil. de noir. Au-dessus du double fond *bb*, on étend une toile humide sur laquelle on entasse le noir; on recouvre celui-ci d'une toile, puis d'un diaphragme métallique criblé de trous *cc*. C'est sur ce dernier qu'arrive le jus au moyen d'un robinet *r* à flotteur *f*. Un tube *gg*, qui part du double fond et qui s'élève jusqu'au haut du cylindre, donne issue à l'air interposé dans la masse du noir. En *h* est un trou d'homme pour le nettoyage de l'appareil. Le robinet *r'* sert à écouler le sirop limpide, presque décoloré et dépouillé du carbonate de chaux qu'il tenait encore en suspension.

Ce jus se rend dans un réservoir qui le distribue dans les chaudières d'évaporation AA (*fig.* 178), chauffées par la vapeur à haute pression, qui circule dans le tube courbé en fer à cheval BB, placé au fond. Ces chaudières oblongues peuvent basculer sur un de leurs bouts, et prendre la position indiquée par les lignes ponctuées, ce qui permet de les vider complétement du sirop qui s'écoule par le gros robinet R. L'évaporation s'opère ainsi très-rapidement. Cependant la haute température, à laquelle le jus est soumis et le contact de l'air, opèrent la transformation d'une cer-

taine quantité de sirop en sucre incristallisable, et lui communiquent une couleur brune, dont il faut le débarrasser après la concentration.

Depuis quelques années, on obvie à ces inconvénients par l'emploi d'une basse température et du vide partiel, au moyen de

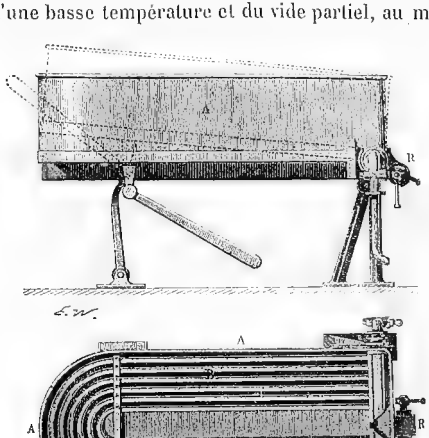


Fig. 178. — Chaudières d'évaporation chauffées par la vapeur.

l'appareil dit *à triple effet*, dont voici la description sommaire.

Cet appareil se compose principalement de 5 grandes chaudières en tôle ou en cuivre fort A, B, C (*fig.* 179), dans lesquelles on produit un vide partiel au moyen d'une pompe aspirante qui soutire l'air par les tubes *a a* — *b b* — *c c* des chaudières A et B, et par le tube *d d* de la chaudière C. Dans la moitié de ces chaudières se trouvent deux plaques tubulées *ppp*, qui relient entre eux un grand nombre de tubes en cuivre par lesquels s'établit la communication du liquide de la partie supérieure avec l'inférieure.

Lorsque le vide partiel a été effectué, on introduit par le tuyau T de la vapeur à 100°, qui, en soulevant la soupape S, entre dans l'intérieur de la chaudière A, et entoure les tubes dans lesquels

circule le jus, qui est ainsi porté à l'ébullition. Son office étant rempli, elle retourne avec l'eau de condensation par un tube T dans un réservoir commun pour toutes les vapeurs épuisées de ine.

Quand le jus est arrivé dans cette première chaudière à la densité de 10° à l'aréomètre Baumé, on le fait passer, au moyen du tuyau t', dans la chaudière B, et l'on remplit de nouveau A de jus faibles. La vapeur, produite par l'évaporation de ces derniers jus,

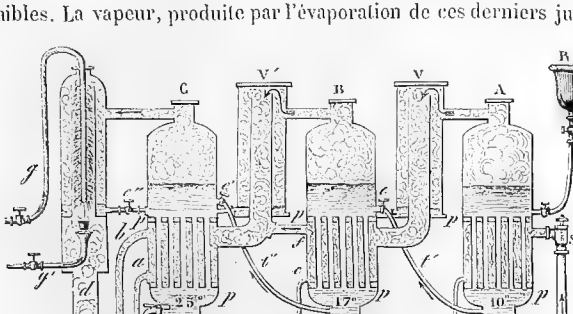


Fig. 179. — Appareil à triple effet.

se rend par la partie supérieure de la chaudière dans un vase de sûreté V, disposé de manière que les gouttelettes de jus sucré entraînées mécaniquement par la vapeur, viennent se heurter contre la paroi du tube interne, et retombent ainsi au fond de ce vase d'où un petit tuyau e conduit le liquide ainsi formé dans la deuxième chaudière.

Du vase de sûreté la vapeur s'échappe dans la deuxième chaudière B, où elle rapproche le jus jusqu'à 17° Baumé. Son excédant, par le tube f, rejoint la vapeur provenant de l'évaporation du sirop de B, et tous deux après avoir traversé un second vase de sûreté V', vont concentrer le liquide qui s'est rendu de B dans C au moyen du tuyau t'. Ce liquide est ainsi amené à la densité de 25° Baumé, point auquel on arrête l'opération.

La vapeur provenant de C se rend dans un dernier vase de sûreté,

où le liquide sucré entraîné se rassemble et retourne en C par le tuyau e'', tandis que se trouvant en contact avec un gros tuyau g, criblé de trous, par où s'élance de l'eau froide, elle se condense en grande partie; le reste éprouve le même effet par le jet non interrompu amené par le tube g'. Vous comprenez que la vapeur ainsi brusquement condensée produit un vide de 650^{mm} durant toute la durée de l'opération dans la chaudière C, vide qui dans la chaudière B, plus éloignée du condenseur, n'est que de 579^{mm} et dans la chaudière A, de 108^{mm}.

Les eaux provenant de la condensation des vapeurs, se rendent par les tubes *t*, *cc* et *aa* dans un réservoir commun. Le tuyau E sert à vider les eaux de lavage de l'appareil, lorsque celui-ci a fini de fonctionner. Quant au jus, amené à 25° Baumé, on le fait passer, pour le décolorer, sur des filtres contenant du noir ayant servi et revivifié entièrement, mais auquel on ajoute de temps en temps une certaine quantité de noir neuf.

Le sirop arrivant filtré, est soumis alors à la cuite dans des chaudières en cuivre, cylindriques, semblables à celles qui servent à l'évaporation, munies de serpentins, d'un dôme et d'une cheminée, pour laisser échapper les vapeurs hors des ateliers. C'est ce qu'on appelle la *cuite à l'air libre*. On concentre le sirop jusqu'à ce qu'il pèse environ 42 à 43° Baumé; on dit alors qu'il est au *filet*, parce qu'une goutte placée entre le pouce et l'index, que l'on écarte brusquement ensuite, s'étend en un filet de 2 à 5 centimètres de longueur et remonte vers l'index en forme de crochet. La cuite étant terminée, on fait couler le sirop dans des bacs en tôle d'une capacité de 14 hectolitres environ, où il cristallise par refroidissement.

Depuis quelques années, on utilise dans beaucoup d'usines un appareil perfectionné, qui permet d'opérer la cuite dans le vide et de faire cristalliser le sirop dans l'appareil même.

Cet appareil se compose d'une chaudière A (*fig.* 180) en tôle, de 7 à 8^{mm} d'épaisseur, munie de trois serpentins superposés, *b c d*, destinés à recevoir de la vapeur; elle communique avec un condenseur E, dans lequel on fait le vide au moyen d'une pompe aspirante F et par une injection d'eau froide.

Le sirop contenu dans un réservoir inférieur monte par le tuyau à robinet R, et remplit la chaudière jusqu'au-dessus du premier

serpentin *b*. On lâche la vapeur du générateur, d'abord dans les serpentins *b* et *c*, et ce n'est qu'en dernier qu'on l'introduit dans le serpentin *d*, lorsque l'évaporation a fait baisser le niveau du liquide jusqu'en *c*. Lorsqu'il est cuit au filet, on commence, sans

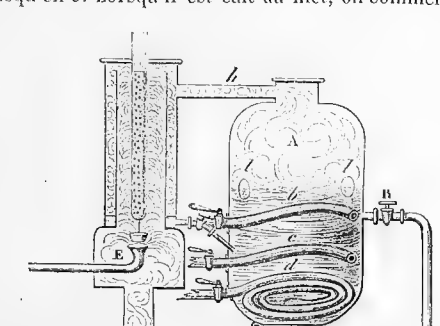


Fig. 180. — Appareil pour la cuite en grains.

arrêter la vapeur, à faire de petites et fréquentes aspirations de jus par le tuyau R, en maintenant la masse du sirop au point de cuite.

Au bout de 20 à 25 minutes, on aperçoit déjà de très-petits grains qui viennent glisser contre les lunettes *l l;* au bout d'une heure, ces grains sont assez grossis pour que l'on puisse régler l'entrée du jus d'une manière continue. On arrête celle-ci lorsque la chaudière est suffisamment pleine, et on continue à faire bouillir, mais en diminuant la pression de vapeur. Le vide devient de plus en plus fort, et la cuite en grains s'achève bientôt; elle est terminée, lorsqu'une petite quantité de sirop, prise sur le pouce et trempée brusquement dans l'eau froide, se prend en une boule ferme et dure.

On arrête alors la pompe, on rend l'air et on ouvre la soupape du bas S pour laisser tomber la masse cuite dans un réservoir inférieur où elle repose pendant 10 à 12 heures. On l'introduit ensuite dans une turbine (*fig.* 181), peu différente dans sa

construction de celle des blanchisseries, pour se débarrasser du sirop et avoir les grains presque secs; ils sont blancs et parfaitement cristallisés.

Les sirops, cuits de nouveau, donnent des sucres granulés de

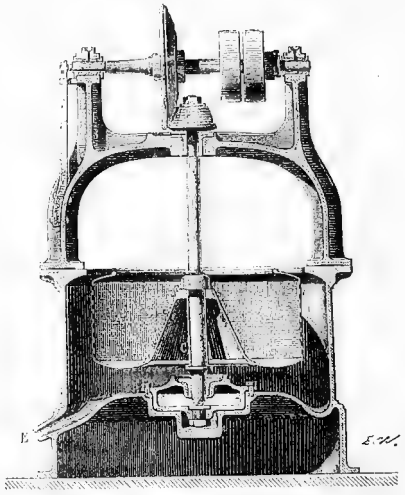


Fig. 181. — Turbine à purger les sucres.

deuxième et de troisième jets; ce qui échappe à la cristallisation constitue la mélasse.

Raffinage des cassonades. — Les cassonades, soit de canne, soit de betterave, ne peuvent pas être, en général, versées de suite dans la circulation, parce qu'elles sont encore imprégnées de mélasse et qu'elles contiennent 3 à 4 pour 100 de matières étrangères qui leur donnent un mauvais goût et la propriété de fermenter très-aisément. De là la nécessité de les *raffiner*. On opère de la même manière pour les deux sortes de cassonnade.

La première opération du raffinage est la *fonte du sucre*, c'est-à-dire sa dissolution. A cet effet, après l'avoir fait dissoudre dans

50 pour 100 environ de son poids d'eau, en agissant dans une grande chaudière à double fond, semblable à celle qui sert pour la défécation du jus de betterave, seulement beaucoup plus grande, on projette dans la solution chaude 3 à 4 pour 100 de noir animal fin et 1/2 pour 100 de sang de bœuf; on porte à l'ébullition; l'albumine du sang, en se coagulant, enveloppe toutes les particules en suspension, les réunit sous forme d'écumes et clarifie complétement le sirop, qui prend dès lors le nom de *clairce* dans les ateliers. On cesse de chauffer, et après 15 à 20 minutes de repos, on procède à la filtration.

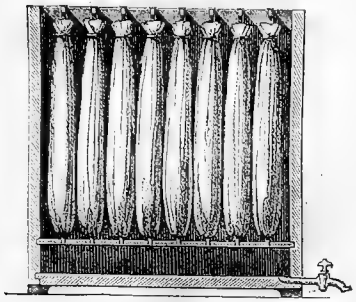


Fig. 182. — Filtre-Taylor.

A cet effet, on dirige la clairce dans ce qu'on appelle le *filtre-Taylor* (*fig.* 182). C'est une grande caisse en bois doublée de métal, dans l'intérieur de laquelle sont tendus par leurs deux bouts 20 à 25 sacs en coton, de 1 mètre de long sur 50 centimètres de large. Chaque sac renferme une claie en osier pour maintenir l'écartement de ses deux parois. La clairce passe à travers les sacs de dehors en dedans et les remplit, puis elle s'écoule à mesure dans un double fond par l'ouverture ménagée à la partie inférieure des sacs. La filtration de 350 kil. de sucre ne demande pas 20 minutes. Le liquide est parfaitement limpide, mais encore coloré; il marque de 30 à 32° à l'aréomètre.

Pour lui enlever sa couleur, on le fait passer sur du noir en grains, dans des *filtres-Dumont* de 8 à 12 mètres de hauteur; il ne s'agit plus alors que de le cuire au point nécessaire pour qu'il cristallise. On se sert, à cet effet, d'appareils identiques à ceux que j'ai indiqués pour le sucre de betterave. La cuite s'opère en 14 à 16 minutes, à une température qui ne dépasse pas 69°.

Comme cette température est trop basse pour une bonne cristallisation, on laisse tomber le sirop, qui marque alors 42 à 43°

Baumé, dans une grande chaudière à double fond, dite *réchauffoir*, où on élève la température à 80°; on l'agite de temps en temps, et quand il est près de *se grener*, on le distribue dans des cônes en terre cuite, en tôle galvanisée ou émaillée (*fig.* 185), renversés et percés à leur sommet d'un trou qu'on tient bouché avec un petit linge. Ces formes sont placées dans un atelier maintenu à 25 ou 30°.

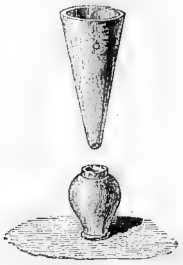


Fig. 185. — Forme à sucre.

Lorsque le sirop y est entièrement solidifié, on ouvre leur trou pour faire égoutter le sirop non cristallisé; on procède ensuite au *terrage*.

Cette opération consiste à recouvrir la base des pains de sucre d'une bouillie d'argile blanche, dont l'eau, en filtrant lentement à travers toute la masse, dissout le sirop qui adhère aux cristaux et l'entraîne. On remplace souvent l'argile par un sirop de sucre bien blanc qui produit le même effet. Dans ce cas, l'opération s'appelle *clairçage*.

En répétant trois ou quatre fois l'emploi de l'argile ou de la clairce, on parvient à blanchir complétement le pain de sucre, et à obtenir ce qu'on appelle dans le commerce le *sucre royal*.

Les sirops qui se sont écoulés pendant le raffinage sont traités de nouveau, et donnent des sucres inférieurs, connus sous les noms de *lumps*, *bâtardes*, *vergeoises*, et enfin la *mélasse*, qui est le résidu final de toutes les opérations.

Traitement des mélasses. — La mélasse de canne, qui contient beaucoup de sucre incristallisable, et qui a fort bon goût, est presque entièrement consommée par les brasseurs et les fabricants de *pain d'épices*.

La mélasse de betterave, qui a une saveur désagréable et qui est très-riche en sels alcalins, est livrée aux distillateurs. Comme elle renferme encore de 45 à 48 pour 100 de sucre cristallisable, MM. Dubrunfaut et Leplay ont montré, en 1849, qu'il est possible d'isoler celui-ci des matières gommeuses, colorantes et salines qui l'accompagnent, en versant la mélasse fluidifiée par la chaleur dans

une dissolution bouillante de baryte caustique, marquant 30 à 32° Baumé. La baryte s'unit au sucre cristallisable pour former avec lui un saccharate insoluble dans l'eau.

Le précipité blanc, abondant, qui se produit dans ces circonstances, est débarrassé des eaux mères, lavé jusqu'à ce qu'il ne cède plus rien à l'eau, délayé dans une suffisante quantité de liquide et décomposé par un courant d'acide carbonique, comme dans le procédé Rousseau. Il en résulte du carbonate de baryte qui reste en suspension, tandis que le sucre mis en liberté demeure en solution. On verse le tout dans un sac en croisé de coton très-serré ; l'eau sucrée s'écoule en partie naturellement, et, au moyen d'une pression graduée, de plus en plus forte, on obtient le reste.

Le liquide sucré qui marque de 10 à 12° Baumé, est clarifié et dépouillé de la baryte qui s'y trouve encore, au moyen d'un peu de sulfate d'alumine, décoloré par un passage sur des filtres à gros noir, évaporé et cuit par les procédés ordinaires. On obtient, dans un bon travail, les 9/10 du sucre contenu dans les mélasses.

Le carbonate de baryte n'est pas perdu ; on le ramène à l'état de baryte caustique en le calcinant au rouge vif, dans un four à réverbère, avec 45 pour 100 de charbon.

Cet ingénieux procédé d'extraire le sucre cristallisable des mélasses de betteraves est exploité dans l'usine de Courrière (Pas-de-Calais), par M. Tilloy, qui traite chaque jour 10000 kilogr. de mélasses libérées d'impôts.

Falsifications et essais des sucres. — Je terminerai ces renseignements sur les sucres, en vous apprenant que, dans les temps de cherté, les cassonades sont presque toujours fraudées avec des matières de moindre valeur : sable, plâtre, chaux, farine, amidon, ou mieux dextrine sucrée ou imparfaitement saccharifiée.

Ces fraudes sont heureusement faciles à découvrir.

1° En traitant une cassonade suspecte par huit à dix fois son poids d'eau-de-vie à 22°, tout ce qui est étranger au sucre reste sous forme d'une poudre insoluble au fond du vase ; il est donc aisé d'en constater la nature et d'en prendre le poids.

2° Pour reconnaître la présence des substances féculentes, on

fait bouillir le résidu dans l'eau, et plus simplement encore, on dissout le sucre dans de l'eau bouillante, puis on verse dans la liqueur quelques gouttes d'eau d'iode; il s'y produit une coloration bleue, violette ou rose, suivant l'espèce de matière féculente qui a été ajoutée à la cassonade.

3° Lorsqu'on veut connaître la quantité de sucre cristallisable contenue dans un mélange, tels que les cassonades du commerce, les mélasses, les jus sucrés de betteraves, etc., le procédé le plus rapide et le plus exact est celui qui a d'abord été indiqué par le chimiste allemand Trommertz, et perfectionné successivement par MM. Fehling, Barreswill et Ch. Viollette. Il repose sur la propriété que possèdent le glucose et le sucre liquide de ramener les sels de cuivre, à l'aide de la chaleur et même à froid, à l'état de protoxyde rouge, tandis que le sucre de canne ou cristallisable ne jouit pas de cette propriété, ainsi que vous l'avez déjà vu dans le Cours de troisième année.

La meilleure *liqueur d'épreuve* pour cet essai est celle qu'emploie M. Viollette; on la prépare ainsi qu'il suit. Dans une carafe de litre, jaugée (*fig.* 184), on introduit d'abord 500 grammes de lessive de soude caustique pure, marquant 24° Baumé, et 200 grammes de sel de Seignette pur; on facilite la dissolution en agitant le vase légèrement chauffé au bain-marie. On y ajoute alors peu à peu une solution de 36^{gr},46 de sulfate de cuivre pur dans 140^{cc} d'eau distillée, en agitant sans cesse pour dissoudre le précipité qui se forme, et on achève de remplir le litre avec de l'eau distillée à la température de 15°.

Fig. 184. — Carafe de litre pour la préparation de la liqueur cuivrique d'épreuve.

Si le sucre que l'on veut *titrer* ne contient pas de traces sensibles de sucre incristallisable, et c'est le cas des sucres raffinés, du sucre candi, des sucres bruts riches, il faut nécessairement

convertir le sucre cristallisable en sucre interverti pour pouvoir tirer parti de la liqueur d'épreuve précédente, et alors de la quantité de sucre interverti trouvé, on conclut celle du sucre cristallisable, puisque $105^{gr},26$ du premier correspondent à 100 gr. du second.

Voici comment on agit dans ce cas. On pèse 10 grammes de l'échantillon pulvérisé et on le dissout dans 1/2 litre d'eau distillée. On prélève sur la masse, à l'aide d'une pipette jaugée, 50^{cc} de liquide, qui représentent 1 gramme de sucre; on laisse couler ce liquide dans une fiole de 200^{cc} (*fig.* 185); on y ajoute 10^{cc} d'une *liqueur acide normale* [1], puis 30 à 40^{cc} d'eau, et on fait bouillir pendant 15 à 20 minutes pour transformer le sucre de canne en sucre interverti. La fiole étant retirée du feu, et le liquide étant

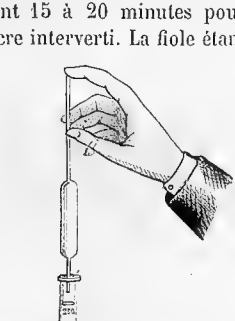


Fig. 185. — Fiole de 200^{cc} avec pipette de 50^{cc}.

Fig. 186. — Burette saccharimétrique.

redescendu à la température de + 15°, on y ajoute assez d'eau pour compléter le volume de 200^{cc}; on en mélange bien toutes les parties, et on en remplit une burette, dite *burette saccharimétrique* (*fig.* 186), divisée en centimètres cubes et dixièmes de centimètres cubes.

Ceci fait, on introduit dans un petit tube d'essai 10^{cc} de liqueur cuivrique d'épreuve, une pincée de pierre ponce en fragments pour

[1] Cette liqueur acide normale contient 100 grammes d'acide sulfurique pur à 66° par litre, soit 1 gramme par 10 centimètres cubes.

régulariser l'ébullition, et on chauffe le tube légèrement incliné (*fig.* 187). On y laisse alors tomber goutte à goutte la solution de sucre interverti contenu dans la burette saccharimétrique (*fig.* 188), en faisant bouillir de temps en temps, et l'on continue les mêmes manœuvres

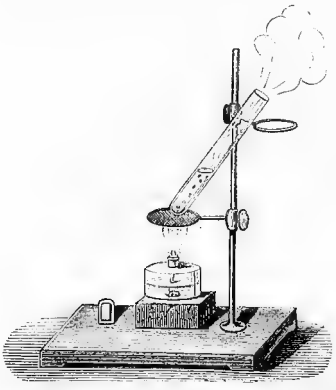


Fig. 187. — Ébullition de la liqueur cuivrique avec pierre ponce.

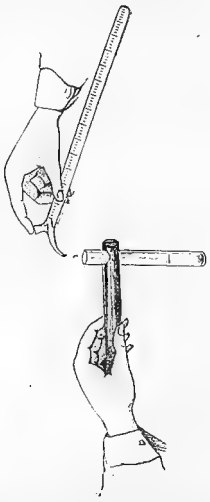


Fig. 188. — Précipitation de la liqueur cuivrique par la solution sucrée.

jusqu'à ce que la solution sucrée ne produise plus de précipité rouge dans la liqueur d'épreuve.

D'après le volume de liqueur sucrée sorti de la burette, on déduit, à l'aide d'une simple proportion, la richesse saccharine de l'échantillon soumis à l'essai, sachant que les 10^{cc} de liqueur cuivrique correspondent à $0^{gr},05$ de sucre de canne pur. Si, par exemple, il a fallu employer $10^{cc},4$ de liquide sucré pour précipiter tout le cuivre des 10^{cc} de liqueur d'épreuve, on trouvera la quantité de sucre pur contenue dans l'échantillon à l'aide de la proportion suivante :

$$10^{cc},4 : 0^{gr},05 :: 200^{cc} : x = 0^{gr},9615$$

c'est-à-dire qu'il y avait dans 1 gramme de l'échantillon $0^{gr},9615$ de sucre pur, soit 96,15 pour 100.

Lorsqu'on a affaire à des sucres bruts, des cassonades, des mélasses, contenant du sucre incristallisable, ce que l'on reconnaît facilement par un essai préliminaire en versant de la dissolution de ces sucres dans de la liqueur cuivrique d'épreuve bouillante qui précipite alors en rouge, on fait un premier essai en suivant exactement la marche qui vient d'être indiquée, absolument comme si l'échantillon ne contenait pas de sucre incristallisable. Le résultat obtenu représente la quantité de sucre cristallisable qui se trouve réellement dans l'échantillon, et la quantité du même sucre équivalente au sucre incristallisable que renferme le produit analysé.

On déterminera cette dernière par un nouvel essai sur le sucre brut, en pesant 10 grammes de l'échantillon, dissolvant dans la carafe de 1/2 litre, portant le volume de la solution à 500^{cc}, puis prenant 50^{cc} de ce liquide, auquel on ajoute assez d'eau pour former 200^{cc} de liqueur sucrée. On recherchera alors combien il faut de centimètres cubes de cette liqueur pour précipiter tout le cuivre de 10^{cc} de liqueur cuivrique normale. Ce nombre indiquera la richesse de l'échantillon en sucre incristallisable, sachant que les 10^{cc} de cette liqueur correspondent à 0^{gr},052.63 de glucose ou de sucre incristallisable.

Une fois cette connaissance acquise, on recherche par le calcul ce que cette quantité de sucre incristallisable représente de sucre de canne, et on y arrive facilement par suite de ce fait, que 105,26 du premier équivalent à 100 du second. On retranche alors ce nouveau chiffre de celui fourni par le premier essai, et la différence donne le poids du sucre de canne contenu dans l'échantillon. On a donc ainsi les poids respectifs des deux sortes de sucre en mélange dans 100 du susdit échantillon.

Soit, par exemple, une mélasse ayant donné :

Par le 1er essai, après l'interversion, 50,61 de sucre interverti, correspondant à 48,08 de sucre de canne.

Par le 2^{e} essai, 10,20 de sucre incristallisable. . . à 9,69 id.

La différence. . . . . 38,39 représente la proportion de sucre cristallisable;

d'où l'on conclut que la mélasse essayée renferme 38,39 pour 100 de sucre de canne et 10,20 de sucre incristallisable[1].

[1] Voir pour plus de détails la brochure de M. Ch. Viollette ayant pour titre : *Dosage du sucre au moyen des liqueurs titrées avec instruction pratique.* — 1 broch. in-8° avec planche et tables. — Lille, Quarré, et Paris, Gauthier-Villars; 1868.

EXTRACTION DES CORPS GRAS.

L'extraction des graisses et des huiles est assez simple; mais la manière d'y procéder varie en raison de leur consistance.

Fonte des suifs. — Les suifs du commerce sont dits *en branches* ou *en rames*, lorsqu'ils viennent d'être séparés mécaniquement des autres parties de l'animal, et qu'ils sont encore enfermés dans les membranes du tissu adipeux.

Pour isoler la matière grasse de celles-ci, on a recours à la fusion dans une grande chaudière en cuivre, chauffée habituellement à feu nu. En enfonçant dans la matière liquifiée un seau percé de trous qui écarte les membranes, on a dans l'intérieur du seau un bain de graisse fondue que l'on enlève au fur et à mesure avec une poche fixée à un manche, jusqu'à ce qu'il ne reste plus dans la chaudière que les membranes racornies et les impuretés; cet ensemble forme une masse solide, dite *boulée*, qu'on soumet à la presse pour en faire sortir la graisse qui s'y trouvait encore. Le résidu solide, nommé *pain de cretons* est employé à la nourriture des chiens et des porcs.

Quant au suif qu'on a réuni dans un vaste récipient, on le clarifie avec quelques millièmes d'alun, et on le coule, après un repos suffisant, dans de petits baquets coniques où il se fige et durcit.

Comme on opère toujours à une température assez élevée et que les membranes, en s'attachant au fond de la chaudière, sont plus ou moins brûlées, il en résulte deux graves inconvénients, une odeur infecte qui se répand au loin et une coloration fâcheuse du suif. On éprouve, en outre, une perte de 20 pour 100 de graisse qui reste dans le pain de cretons.

On évite ces inconvénients, en chauffant le suif brut sur un bain d'eau acidulée par l'acide sulfurique, comme l'a indiqué d'Arcet en 1818, ou sur de l'eau alcalisée par la soude, ainsi que l'a conseillé en 1851 M. Évrard, de Douai. Dans l'un et l'autre cas, en chauffant dans des chaudières à vapeur sans aucune pression, il n'y a plus d'odeur sensible, plus d'altération de la matière grasse, les membranes se désagrégent et se dissolvent, et on obtient plus de produit.

Fabrication des chandelles. — L'un des emplois les plus

considérables des suifs de bœuf, de bouc et de mouton, c'est la fabrication des *chandelles*, cylindres de corps gras, durs, au centre desquels est emprisonnée une mèche formée de fils de coton tordus. Cette invention est beaucoup plus ancienne qu'on ne suppose, puisque le mot *chandelle* vient de *candela*, nom que les romains donnaient à une torche faite avec la moelle d'un jonc entourée de poix, de cire ou de suif. De cette mèche ligneuse grossière à la mèche de coton, il n'y avait qu'un pas, et cependant ce n'est qu'en 1500 qu'on s'avisa de le franchir [1].

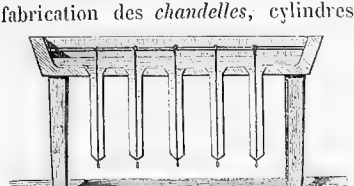


Fig. 189. — Fabrication des chandelles moulées.

Fig. 190. — Fabrication des chandelles à la baguette.

Il y a deux sortes principales de chandelles, d'après le mode de fabrication :

1° Les *chandelles moulées*, obtenues, comme l'indique leur nom, en coulant le suif liquifié dans des moules métalliques (alliage de 2 p. de plomb et de 1 p. d'étain), au centre desquels la mèche est maintenue d'une manière rigide (*fig.* 189).

2° Les *chandelles à la baguette*, dont on ne se sert plus guère qu'en province, qu'on confectionne en plongeant

[1] Nos chandelles, aujourd'hui si dédaignées par la classe bourgeoise, furent pendant longtemps un objet de luxe. Jusqu'au quatorzième siècle, les moyens

verticalement et à plusieurs reprises, dans le suif fondu aussi peu chaud que possible, les mèches suspendues à un châssis circulaire, qu'on fait descendre et monter au moyen d'une corde passant sur une poulie fixée au plafond et d'un contre-poids qui fait équilibre au châssis (*fig.* 190).

On a donné à l'avance aux mèches une rigidité convenable en les trempant quelques instants dans le bain de suif, puis les étendant sur une table ou les roulant entre les mains. Après chaque immersion dans le bain, on laisse refroidir à l'air les chandelles pendant un temps assez long et on continue à les recouvrir de nouvelles couches du corps gras jusqu'à ce qu'elles aient acquis la grosseur voulue.

Avant de livrer les deux sortes de chandelles à la consommation, on les expose à l'air et à la lumière pour les sécher et les blanchir. Suivant leur grosseur, on les vend sous les dénominations vulgaires de *chandelles des* 6 et de *chandelles des* 8 ; cela veut dire que dans un demi-kilogramme ou une livre (vieux style), il y a 6 des premières et 8 des secondes. Les premières sont préférables.

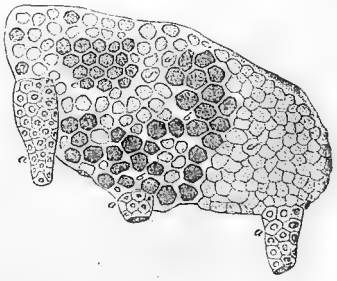


Fig. 191. — Rayons ou gâteaux d'abeilles.

Extraction et blanchiment de la cire. — Vous vous rappelez, sans doute, que la cire d'abeilles est le corps gras au moyen duquel ces industrieux insectes construisent les alvéoles hexagonaux ou les *rayons* dans lesquels ils déposent leurs œufs et le miel qu'ils ont récolté sur les fleurs (*fig.* 191).

de s'éclairer étaient si imparfaits que les chandelles durent paraître un immense progrès. Sous le règne de Charles V, les valets tenaient les chandelles à la main, et ne les posaient point sur les tables du souper. Cet usage avait lieu chez le comte de Foix, le plus magnifique seigneur de son temps. Ce n'est que beaucoup plus tard qu'on eut l'idée de placer les chandelles sur des supports, ou de les introduire dans des ustensiles creux de diverses formes en métal, en terre, en bois, qui prirent le nom de *chandeliers*. Le *candelabrum* des Romains est un ustensile analogue.

Au moyen d'une pression suffisante, on fait sortir le miel de ces *rayons*, et quand ils sont bien égouttés, on les jette dans une chaudière contenant de l'eau bouillante; le restant du miel se dissout, la cire fond et se rassemble à la surface du liquide, où elle se fige par le refroidissement. On la fond de nouveau, et on la coule dans des vases de terre ou de bois, où elle se refroidit; on enlève avec un couteau la partie inférieure de chaque pain, qui est fort impure et qu'on appelle *pied de cire*.

La *cire jaune* ou *cire vierge* a des usages très-étendus. Elle sert au frottage des appartements; elle entre dans la composition de l'*encaustique*, de la *cire à sceller*, des crayons lithographiques, de certains mastics, et les pharmaciens la font entrer dans des emplâtres et onguents, dans le *cérat*, dans la préparation des sondes chirurgicales.

La majeure partie, toutefois, est épurée et blanchie pour pouvoir servir à la fabrication des bougies de luxe et des cierges [1]. Voici comment on s'y prend pour enlever à la cire jaune les corps étrangers et le miel auxquels elle doit sa couleur, son odeur aromatique et l'onctuosité qu'elle possède.

On la fond dans des chaudières de cuivre étamé BB (*fig.* 192), avec un peu de crème de tartre, et, après sa clarification, on la fait couler dans une cuve de bois C en partie remplie d'eau. Elle passe de là dans une auge EF percée de trous à son fond, d'où elle tombe en filets déliés sur un cylindre de bois G en partie plongé dans l'eau d'une cuve elliptique D. Par suite du mouvement de rotation imprimé à ce cylindre, la cire s'étale en rubans minces qui se détachent et se durcissent dans l'eau. C'est là ce qu'on appelle *grêler la cire*.

Les rubans jaunes sont ensuite exposés sur des toiles au soleil et à la fraîcheur des nuits, jusqu'à ce que la matière colorante ait disparu; mais il faut souvent répéter plusieurs fois de suite le grélage et l'exposition pour compléter le blanchiment. On fond

[1] L'usage des cierges est bien ancien, puisque l'histoire nous apprend que les Indiens, les Japonais et les Chinois brûlaient de la cire devant leurs idoles et même dans leurs maisons. Les chandelles faites avec cette substance portèrent d'abord en latin le nom de *cerei* (au singulier *cereus*), puis ensuite, en français, celui de *cierges* qui en dérive. La dénomination de *bougie* apparaît pour la première fois dans une ordonnance de Philippe le Bel, en 1315, par laquelle il défend de mêler du suif à la cire.

enfin la cire en y ajoutant un peu de suif pour lui restituer le liant

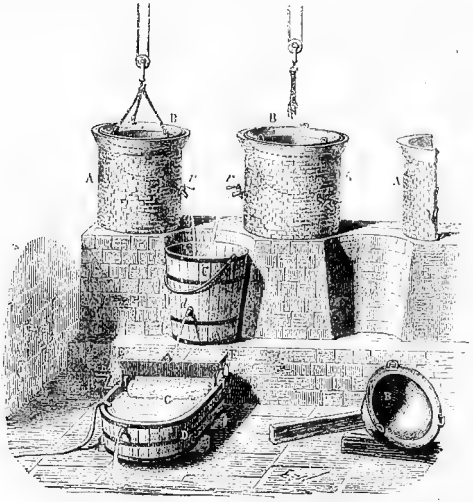


Fig. 192. — Clarification et grétage de la cire jaune.

qu'elle a perdu et on la coule en petites plaques rondes dans des

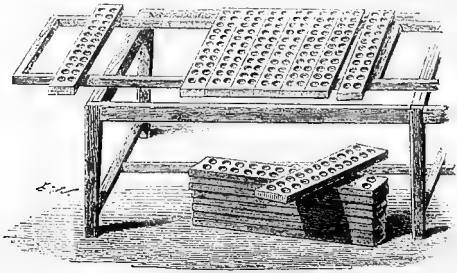


Fig. 193. — Moulage de la cire blanche.

moules circulaires creusés sur des tables de bois (*fig.* 193). Elle prend dans cet état le nom de *cire blanche*.

La bougie de cire a sur la chandelle de suif, l'avantage de ne point avoir d'odeur désagréable, de ne pas répandre de fumée en brûlant, de moins couler et de ne pas pénétrer les étoffes sur lesquelles elle tombe. Les taches de cire s'enlèvent aisément par le frottement et avec un peu d'essence de citron, ou de benzine, ou d'alcool bouillant.

La bougie de luxe ou de table est coulée dans des moules de verre et se fabrique de la même manière que la chandelle. Pour les cierges, on verse, au moyen d'une cuillère de fer, de la cire fondue sur les mèches attachées à un châssis circulaire; laissant refroidir et répétant ces arrosages 10 ou 12 fois de suite jusqu'à ce que les cierges aient pris les diamètres qu'on veut leur donner.

La petite bougie, dite *bougie filée* et vulgairement *rat de cave*, se fabrique en faisant plonger les mèches (d'une longueur indéterminée) dans un bain de cire, d'où elles sortent en traversant une filière pour s'enrouler sur un grand tambour d'une manière analogue au procédé suivi, dans les tréfileries, pour tirer les métaux en fils.

Extraction des huiles de graines. — L'extraction des *huiles de graines*, qui servent aux différents besoins de l'industrie (éclairage, peinture, graissage des machines, huilage des peaux et des cuirs, fabrication des vernis, des savons mous, etc.), constitue une industrie très-importante.

Les huiles qui tiennent le premier rang sont celles de colza (*fig.* 194), d'œillette ou pavot (*fig.* 195), de lin, de sésame (*fig.* 196), d'arachide (*fig.* 197). Viennent ensuite celles de cameline (*fig.* 198), de chènevis, de navette, de moutarde (*fig.* 199), de coco, de palme, etc.

La culture du colza et des œillettes a lieu sur une grande échelle dans nos départements du Nord. Quant aux graines de lin, de sésame et d'arachide, qui forment l'objet d'un commerce très-considérable à Marseille, elles sont importées en France, à savoir : celles de lin et de sésame, de la Turquie, de la Russie, de Naples et des Indes orientales; celles d'arachide, du Sénégal et de la côte occidentale d'Afrique.

Les huiles de ces différentes graines se fabriquent en France; il n'y a que les huiles de coco et de palme, dont l'importation

offre un certain intérêt. Voici ce qu'il y a de plus essentiel à savoir sur le mode d'extraction des premières.

Autrefois la trituration ou le broyage des graines n'avait guère

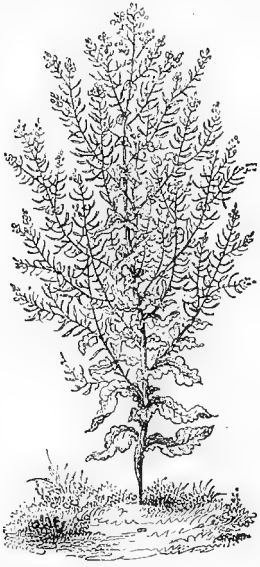


Fig. 194. — Colza.

Fig. 195. — Pavot-œillette.

lieu qu'au moyen de pilons ou bocards mis en mouvement par des moulins à vent, ainsi qu'on le voit encore en Flandre, notamment aux portes de Lille. Ces moulins, dit *tordoirs*, cèdent peu à peu la place à des appareils moins imparfaits, plus productifs et à travail continu. A partir de 1820, les huileries à vapeur commencèrent à se montrer, et ce fut Halette (d'Arras), qui donna l'impulsion.

Dans les grandes huileries, les graines, après avoir été nettoyées au tarare, passent d'abord entre deux cylindres de fonte creux, couronnés de dents, marchant assez lentement, qui les écrasent et les aplatissent (*fig.* 201). De là, elles sont portées sous deux meules verticales parfaitement cylindriques, en granite, en grès ou en

fonte, du poids de 7 à 8000 kilogr. (*fig.* 197) roulant à raison de douze à treize révolutions par minute, sur une meule horizontale fixe qui leur sert de plateau. Celle-ci est entourée d'un rebord en bois ou en tôle qui retient les graines pendant le broyage.

Chaque charge se compose de 60 à 75 kilogr. de graines dont le broyage ou *froissage* demande 15 à 20 minutes, de sorte qu'en 12 heures de travail, une paire de meules mises, en mouvement par la vapeur, écrase de 2500 à 5000 kilogr. de graines.

Fig. 196. — Sésame d'Orient.

Fig. 197. — Arachide ou pistache de terre.

Afin de faciliter l'extraction de l'huile, on soumet toujours maintenant les farines à l'action d'une température modérée, 50 à 55°, et même 35 ou 40° pour l'œillette, qui a pour effet de modifier ou coaguler l'albumine et le mucilage accompagnant les matières grasses dans les graines. Ce chauffage qui ne dure que 6 à 8 minutes, se pratique soit à feu nu, soit préférablement à la vapeur, dans ce qu'on appelle des *chauffoirs* ou *mouvets*.

Les chauffoirs à feu nu consistent en une plaque de fonte *b* (*fig.* 202) placée sur un petit foyer *a* et sur laquelle repose un cercle de tôle ou *payelle c*, qui circonscrit l'espace occupé par la farine qu'on y jette. Celle-ci est sans cesse remuée par un agitateur en fer recourbé, que met en mouvement un mécanisme très-simple qu'on voit en *ghi;* et lorsqu'elle est suffisamment chaude, on remonte l'agitateur, on attire le cercle, qui entraîne la farine et la fait tomber dans des entonnoirs *d* au-dessous desquels sont accrochés des sacs de laine.

Fig. 198. — Cameline.

Fig. 199. — Moutarde blanche.

Dans les huileries où le moteur est la vapeur, on a substitué avec avantage le chauffoir à la vapeur au chauffoir à feu nu, dans lequel on ne peut diriger convenablement la température. La figure 203 montre un chauffoir de ce genre, qui se comprend sans description.

La farine chaude, ensachée, est soumise à l'action de fortes presses, soit à coins, soit hydrauliques. Ces dernières donnent des résultats beaucoup plus avantageux, surtout lorsqu'elles sont à doubles parois chauffées à la vapeur.

L'huile obtenue par cette première pression, prend les noms d'*huile vierge*, d'*huile de fleur*, et, dans le Nord, d'*huile de froissage*.

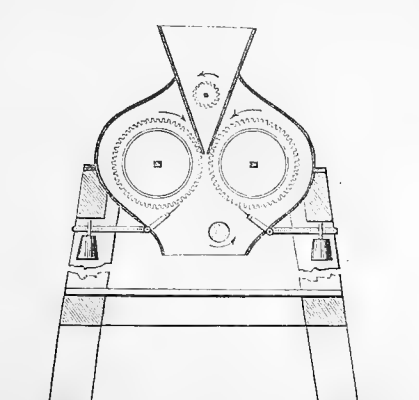


Fig. 200. — Concasseur de graines.

Les marcs ou tourteaux, retirés des sacs, sont broyés par des concasseurs ou par les meules, réduits en poudre très-fine, portés aux chauffoirs où il ne restent que trois minutes, mais à une température un peu plus élevée que la première fois, et soumis à une seconde pression aussi énergique que possible. L'huile qui s'en écoule est moins pure, plus colorée que la première, et aussi plus difficile à extraire. On la désigne sous les noms d'*huile de refait* ou *de rebat*.

Les tourteaux qu'on retire des sacs sont durs, peu solides; on en tranche les bords des extrémités au moyen d'une machine, parce qu'ils échappent toujours un peu à la pression et qu'ils renferment encore beaucoup d'huile; les ébarbures sont mêlées à un des rebats suivants. Ainsi rognés, ils pèsent en général 1 kilogr.; ils sont vendus pour nourrir les bestiaux et pour fumer les terres. Ils renferment encore de 6 à 14 pour 100 d'huile qu'on ne pourrait en extraire économiquement.

100 kil. de graines de colza ordinaire donnent		36 kil.	d'huile et	57 kil.	de tourteaux
—	de navette d'hiver . . .	31	—	62 à 65	id.
—	de chènevis.	25	—	74	id.
—	d'œillette.	37	—	62	id.
—	de cameline.	30	—	62 à 65	id.

Un séjour prolongé dans des caves fraîches clarifie l'huile en partie, en laissant précipiter les matières en suspension; en général, il faut de 10 à 12 jours pour avoir une huile marchande; mais elle reste encore mucilagineuse, colorée et chargée des principes résineux des semences; aussi elle brûle mal, répand beaucoup de fumée et n'empêche pas les mèches de se charbonner, ce qui produit des *champignons*, comme l'on dit vulgairement. De là la nécessité d'épurer les huiles d'éclairage, notamment celle de colza.

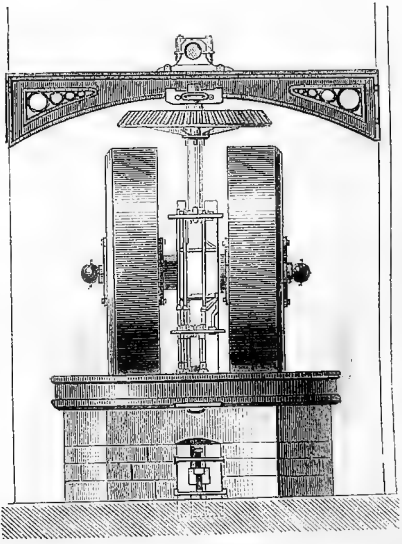


Fig. 201. — Meules à huile.

Épuration des huiles. — L'épuration des huiles consiste à les battre fortement, pendant quelque temps, avec 2 p. 100 d'acide sul-

furique concentré qu'on y ajoute peu à peu, ainsi que Thenard l'a indiqué en 1801 [1].

On opère le plus habituellement dans de grandes tonnes de plusieurs hectolitres de capacité; mieux vaut se servir de l'appareil ci-contre (*fig.* 204), dû à MM. Grouvielle et Jaunez; c'est un grand bac doublé en plomb, au fond duquel est fixé un arbre horizontal armé de 4 palettes en bois, qu'on fait tourner avec une vitesse de 15 à 20 tours par minute. On brasse jusqu'à ce que la masse huileuse ait pris un aspect verdâtre.

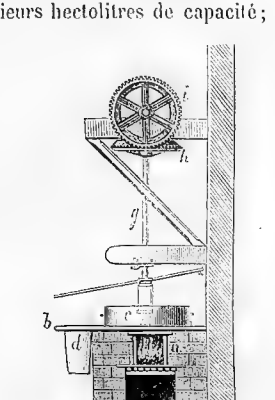


Fig. 202. — Chauffoir à feu nu.

Quand le dépôt des matières altérées et noircies commence à se former, on ajoute avec précaution de la craie délayée en bouillie épaisse pour saturer l'acide: on laisse reposer, et l'on soutire l'huile éclaircie dans des cuves dont le fond est percé de trous garnis de mèches de coton ou de laine cardée, ce qui achève de la rendre claire et limpide.

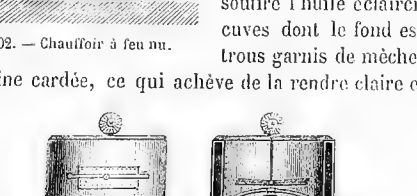


Fig. 203. — Chauffoir à vapeur.

On arrive plus rapidement au même résultat en battant l'huile,

[1] L'idée première d'employer les acides à l'épuration des huiles appartient à un Lillois, du nom de Leroy, qui se servit, à la fin du siècle dernier, de l'acide azotique à 26°, dans les proportions de 3 p. pour 1000 d'huile en

déjà reposée et décantée, avec du tourteau pulvérisé et sec. Ces dernières modifications sont dues à M. Dubrunfaut.

Une huile épurée est de bonne qualité quand elle n'est ni colorée, ni trouble, qu'elle ne noircit ni ne charbonne la mèche pendant sa combustion, et qu'elle ne la recouvre pas de petits champignons;

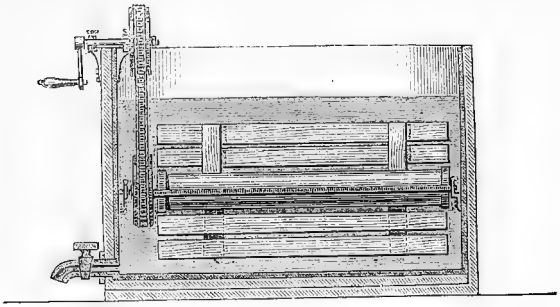


Fig. 204. — Bac à épurer les huiles.

elle ne doit pas rougir sensiblement un papier de tournesol bleu et humide qu'on y plonge pendant quelques instants.

L'huile de colza est souvent mélangée à d'autres huiles moins chères (celles de cameline, de chènevis, de navette, de baleine, de cachalot, de suif ou acide oléique, etc.). Un des moyens les plus simples de s'assurer de sa pureté, c'est d'en prendre la densité, soit au moyen de l'alcoomètre de Gay-Lussac, soit avec l'instrument qui porte le nom d'*oléomètre*, puisque, comme je vous l'ai appris l'année dernière, chaque espèce d'huile a une densité qui lui est propre.

L'*oléomètre*, imaginé par Lefèvre, ancien courtier en huiles, d'Amiens, (*fig.* 205), est un véritable aréomètre indiquant, non la densité relative, mais la pesanteur spécifique d'une huile quelconque, c'est-à-dire le poids en grammes d'un litre de cette huile. L'échelle porte d'espace en espace de petites marques coloriées, en regard

volume. En 1788 la mairie de Lille constata par des expériences l'efficacité de ce procédé, qui ne fut connu du public qu'en 1858, grâce au vénérable physicien Delezenne.

desquelles sont inscrits le nom de l'huile et les chiffres qui indiquent sa pesanteur spécifique moyenne. La couleur de chaque marque est celle que prend l'huile sous l'influence de l'acide sulfurique concentré ; cette marque de couleur spéciale permet de mieux distinguer la place où s'arrête le niveau de l'huile sur l'instrument, quand celui-ci est plongé dans les barils.

Je réunis dans le tableau suivant les données les plus utiles à connaître sous ce rapport :

Fig. 205. — Oléomètre de Lefèvre.

Fig. 206. — Élaïomètre de Berjot.

Noms des huiles.	Degrés à l'oléomètre à la température de 15°.	Degrés correspondants à l'alcoomètre de Gay-Lussac.	Poids du litre d'après l'oléomètre
Colza d'hiver. . . .	0,9147 à 0,9150	60°,20	914,5 à 915gr
Navette d'hiver. . .	0,9155	60°,60	915gr.5
— d'été. . . .	0,9157	60°,00	915gr,7
Colza d'été.	0,9167	58°,80	916gr,7
Ravison.	0,9210	»	921gr,0
Œillette.	0,9253	55°,25	925gr,5
Chènevis.	0,9270	53°,67	927gr,0
Cameline	0,9282	54°,75	928gr,2
Lin.	0,9350	50°,00	935gr,0
Cachalot.	0,8840	»	884gr,0
Oléine de suif . .	0,9003	66°,00	900gr,3
Baleine filtrée . . .	0,9240	55°,80	924gr,0

L'oléomètre et l'alcoomètre ne disent rien sur la nature du mélange dans une huile quelconque; ils indiquent seulement que cette huile n'est pas pure, et cela suffit pour le commerce.

Un autre instrument qui rend de grands services aux fabricants d'huiles, en les éclairant en quelques instants sur la valeur comparative de diverses sortes de graines de colza mises en vente sur les marchés du Nord, du Pas-de-Calais, du Calvados, de la Hollande, de Hambourg, etc., c'est l'*élaïomètre* de M. Berjot, de Caen, qui peut d'ailleurs être appliqué à l'essai industriel de toute autre graine oléagineuse [1].

Ce petit appareil portatif se compose d'un vase en verre A, et à deux tubulures (*fig.* 206), surmonté d'une allonge cylindrique B, également en verre, qui s'ajuste à l'émeri sur la tubulure *t*, du vase A. A l'autre tubulure *t'*, est adaptée une petite pompe pneumatique en cuivre P. Dans l'allonge, est fixée une tige métallique terminée d'un bout par un diaphragme rivé et deux diaphragmes mobiles, garnis de rondelles de feutre; ces diaphragmes sont percés de petits trous.

Voici maintenant la manière d'opérer. On prend 100 grammes de la graine à essayer; on la réduit en farine au moyen d'un petit moulin joint à l'élaïomètre; on retire les deux diaphragmes mobiles de l'allonge; on y introduit la moitié de la farine; on met sur celle-ci un des diaphragmes et par-dessus ce dernier le restant de la farine qu'on recouvre du second diaphragme.

On verse alors sur l'ensemble du sulfure de carbone pur, qui se répand régulièrement dans la poudre et la mouille complétement. Après quelques minutes, on fait le vide avec la pompe; la pression atmosphérique comprime la farine et fait couler le sulfure de carbone qui s'est chargé d'une partie de l'huile. On verse une nouvelle quantité de sulfure, on pompe encore et on continue ainsi jusqu'à ce que le liquide passe incolore et ne laisse plus de trace huileuse permanente sur un papier qu'on chauffe légèrement.

Il ne faut pas plus de 450 gramm. de sulfure de carbone pour épuiser en quelques minutes 100 gramm. de graines de colza.

[1] Les mots *élaïomètre* et *oléomètre* ont la même signification; ils veulent dire : *mesure de l'huile;* ils viennent des mots grecs et latin, *elaion* et *oleum*, huile, et *metron*, mesure.

Pour isoler l'huile en dissolution dans ce liquide, on chauffe celui-ci dans une petite capsule *b*, en cuivre étamé (*fig.* 207) placée dans un bain-marie B, recevant, au moyen d'un tube de caoutchouc,

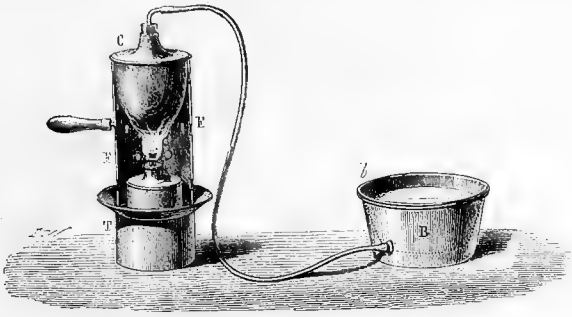


Fig. 207.— Elaïomètre de Berjot.

de la vapeur d'eau d'une petite chaudière en cuivre C. Celle-ci est posée dans un manchon métallique F, percé de trous, qui fait office de fourneau, et elle est chauffée par une lampe à alcool E, reposant sur un support T, qui l'élève au-dessus de la table.

L'évaporation du sulfure dure à peu près 20 à 25 minutes; elle est terminée lorsque l'ébullition cesse dans la capsule et que l'odeur a complétement disparu.

On enlève alors la chaudière du fourneau et on la remplace par la capsule qu'on retire aussitôt que l'ébullition va s'y produire; il ne reste plus trace de sulfure de carbone dans l'huile. En pesant la capsule et retranchant du poids brut la tare du vase (elle est poinçonnée en un de ses points), la différence représente le poids net de l'huile.

FABRICATION DES SAVONS.

La fabrication des savons est une industrie chimique fort importante, qui serait née dans les Gaules, au rapport de Pline; les matières premières étaient alors des cendres et du suif. Son centre principal a été de tout temps et est encore aujourd'hui Marseille, dont la supériorité des produits est universellement reconnue.

Pendant que cette ville, avec ses 46 grandes fabriques, ses 211 chaudières, ses 543 mises, produit annuellement plus de 60 millions de kilogramm. de savon, la Grande-Bretagne tout entière n'en fabrique à peine que 90 millions, l'Espagne 8 millions, l'Autriche 4, et le reste de l'Europe des quantités plus faibles encore. Les savons de toilette de Paris s'exportent dans le monde entier.

Il y a quatre genres de savon dont la fabrication est très-différente, à savoir : les *savons à la façon de Marseille*, les *savons unicolores*, les *savons mous* et les *savons à froid*.

1° **Savons de Marseille.**—Ces savons, qui ont pour matières premières les lessives caustiques de soude brute artificielle et les qualités d'huile d'olive désignées sous les noms de *recenses* et de *raffinées*, se font par un procédé assez long et pénible, qu'on désigne sous le nom de *procédé à la grande chaudière*.

On chauffe l'huile, avec une lessive de soude à 10°, dans une grande chaudière qui porte à son fond un tuyau nommé l'*épine*. Bientôt le mélange prend l'aspect d'une émulsion blanche ; on le brasse souvent de manière à le rendre bien homogène ; cette première phase de l'opération s'appelle l'*empâtage*.

Lorsqu'il est complet, on procède au *relargage*, qui a pour but de chasser, du savon encore imparfait, la trop grande quantité d'eau dans laquelle il nage ; on y arrive en ajoutant en plusieurs fois de la lessive forte et en dernier lieu une lessive salée, c'est-à-dire chargée de sel marin ; on incorpore ces liquides dans la masse en brassant continuellement avec un *redable*, planche en bois de noyer traversée par un manche de 5 à 6 mètres de long, que manœuvre un ouvrier placé, pieds nus, sur le milieu d'une planche assez étroite posée en travers au-dessus de la chaudière, qui n'a pas moins de 5 mètres de haut et une capacité de 1500 kilogramm. (*fig.* 208). La pâte vient nager à la surface du bain ; on cesse le feu et, après quelque temps de repos, on fait écouler par l'épine la presque totalité du liquide qui n'est plus propre à la saponification.

On achève celle-ci au moyen d'une *cuite* ou *coction* avec de nouvelles lessives douces et concentrées, mélangées vers la fin avec des soudes salées ; on continue l'ébullition jusqu'à ce que le savon soit parfaitement saturé. Il est dans cet état lorsque le mélange

est transparent et qu'il se dissout complétement dans l'eau chaude sans laisser d'yeux à sa surface.

On remet le savon à sec; il est d'un bleu foncé tirant sur le noir, et il ne contient que 16 pour 100 d'eau. Sa couleur est due

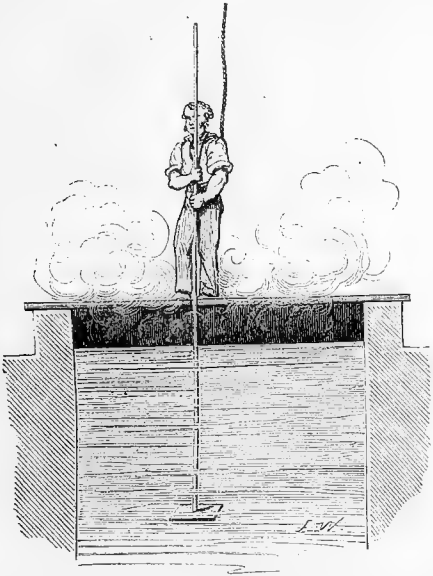


Fig. 208. — Chaudière à fabriquer le savon.

à l'interposition, dans sa masse, d'un savon à base d'alumine et de protoxyde de fer, mêlé de sulfure de fer, qui proviennent de la soude employée.

Pour convertir ce savon en *savon blanc*, on le délaye peu à peu avec des lessives faibles, à une douce chaleur, et on le laisse bien reposer en couvrant la chaudière. Le savon alumino-ferrugineux noirâtre, n'étant pas soluble à cette température, se sépare et tombe au fond de la chaudière. On puise alors la pâte du savon, qui est devenue parfaitement blanche, avec une poche en cuivre dite *poidou* (*fig.* 209), et on la coule dans des moules ou *mises* en bois ou en pierre, de très-grandes dimensions; elle s'y prend en

masse solide par le refroidissement. On la découpe en pains rectangulaires de 20 à 25 kilogr., qu'on nomme *savon en table*.

Lorsqu'il s'agit de convertir le savon bleu noir, non en savon

Fig. 206. — Poidou des savonniers.

blanc, mais en *savon madré* ou *marbré*, on ajoute à la masse bouillante, assez d'eau ou de lessive faible pour que le savon alumino-ferrugineux se sépare de la pâte blanche et se réunisse en veines plus ou moins grandes, de manière à former une espèce de marbrure bleue ou rougeâtre sur un fond blanc. On coule ensuite ce savon dans des mises, en le refroidissant promptement, afin que la marbrure n'ait pas le temps de se précipiter. On le divise ensuite en briques de 15 à 20 kilogr.

2° **Savons unicolores.** — Ce sont ceux qu'on obtient avec la soude et les huiles de palme, de coco, de sésame, d'arachide, l'acide oléique, les suifs d'os et les graisses de toutes sortes, soit seules, soit mélangées entre elles en proportions très-variables.

Tantôt on opère par le *procédé de la grande chaudière*, et alors les produits sont tout aussi bons que les savons marseillais ; ils sont même plus économiques et plus commodes dans leur emploi, parce qu'ils se dissolvent plus aisément dans l'eau.

Tantôt, et c'est le cas le plus ordinaire, on opère en *petite chaudière* et on se borne à cuire en une seule fois les quantités convenables de corps gras et de lessive concentrée, faite avec du sel de soude; la saponification terminée, on coule en mises.

Ce mode de faire laisse dans le savon toutes les impuretés des corps gras et des lessives, beaucoup d'eau et presque toujours un excès d'alcali. Un pareil savon est moins dur, se dessèche et éprouve un retrait considérable à l'air, tout en se couvrant d'efflorescences salines; bien que vendu à un prix inférieur, son emploi est peu économique. Certains de ces savons, notamment ceux à l'huile de coco, renferment jusqu'à 75 pour 100 d'eau.

3° **Savons mous.** — En Picardie, en Flandre, en Hollande, on fabrique beaucoup de *savons mous* avec les huiles de graines. On fait bouillir ces huiles avec des lessives caustiques de potasse, de

plus en plus fortes, on concentre pour séparer l'excès d'eau, et quand le savon est cuit, c'est-à-dire en consistance convenable, on le coule dans des tonneaux pour le livrer au commerce.

Le savon mou est *vert* quand on emploie des huiles jaunes et que vers la fin de la cuisson on ajoute un peu de sulfate d'indigo. Il est *noir* quand on fait usage d'huile de chènevis ou qu'on le colore avec de la couperose et des matières astringentes.

Quand on veut rendre ces sortes de savon opaques, on ajoute à l'huile 10 pour 100 de graisse. Dans tous les cas, il y a toujours un grand excès d'alcali. On y ajoute fort souvent plus ou moins de résine.

4° **Savons à froid.** — Le savon médicinal, les savons de toilette, pour lesquels on emploie les huiles d'amandes douces et amères, de noisette, de palme, le suif de mouton, l'axonge, sont toujours préparés à froid, en incorporant peu à peu la lessive caustique de soude ou de potasse et brassant le mélange jusqu'à ce qu'il soit devenu parfaitement homogène ; on l'aromatise ensuite, soit avec des poudres odorantes, soit avec des essences.

Composition des savons. — Il ne sera pas sans intérêt pour vous de connaître la composition des principales espèces de savon; la voici :

	Alcali.	Acides gras.	Eau.
Savon marbré de Marseille . . .	6	60 à 64	34 à 30
— blanc id. . . .	4,6	50,2	45,2
— unicolore d'Elbeuf	7,8	65,77	26,45
— unicolore d'Amiens. . . .	»	»	63,9
— mou vert de Picardie . . .	9	41	50

Vous voyez combien la proportion d'eau est variable dans les savons du commerce. Il n'y en a qu'un seul qui en offre toujours la même quantité ; c'est le *savon marbré;* elle ne dépasse jamais 34 pour 100, attendu que si le fabricant voulait en introduire davantage, il empêcherait la marbrure de se produire. En réalité, c'est donc avec cette sorte de savon qu'on a le plus de chances de ne pas être trompé.

Hydrotimétrie. — De tous les sels tenus en dissolution dans les eaux courantes, les plus nuisibles sous les rapports de l'hygiène et de l'industrie, sont les sels calcaires qui les rendent *dures* ou *crues,* c'est-à-dire impropres à la boisson, à la cuisson des légumes et au blanchissage du linge. Vous avez déjà vu que ces

sortes d'eaux dissolvent mal le savon, qu'elles le décomposent, et l'expérience démontre qu'il faut leur en ajouter des quantités assez grandes pour les rendre mousseuses par l'agitation.

Or, comme les eaux *douces* le deviennent par les plus petites proportions de ce corps, MM. Boutron et Boudet ont imaginé de tirer parti de ces faits pour reconnaître presque instantanément, au moyen d'une dissolution alcoolique de savon titrée, les divers degrés d'impureté des eaux potables. C'est en cela que consiste ce qu'ils ont appelé l'*hydrotimétrie*, ce qui signifie *mesure de l'eau* ou procédé pour apprécier l'état de l'eau.

L'*hydrotimètre* se compose :

1° D'un flacon jaugé à 10, 20, 30 et 40 centimètres (*fig.* 210) destiné à recevoir l'eau qui doit être soumise à l'essai ;

2° D'une burette (*fig.* 211) graduée de telle manière que le trait circulaire marqué à son sommet est la limite que la *liqueur d'épreuve* y doit atteindre pour commencer un essai. La division comprise entre ce trait circulaire et 0°, représente la proportion de liqueur nécessaire pour produire le phénomène de la mousse avec l'eau distillée pure. Les degrés à partir de 0 sont les *degrés hydrotimétriques ;*

Fig. 210. Flacon de l'hydrotimètre.

3° De la *liqueur d'épreuve*, dissolution de savon dans l'alcool étendu, composée de telle sorte que, lorsque la burette précédente en est remplie, chaque degré de celle-ci représente 0gr,1 de savon neutralisé, pour un litre d'eau soumise à l'expérience, et représente 0gr,01 de carbonate de chaux, pour la même quantité d'eau.

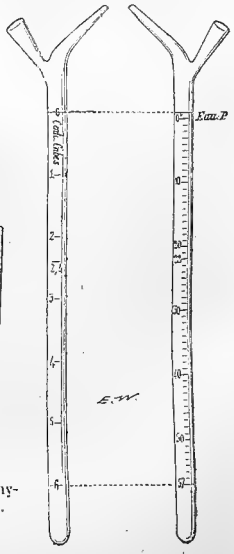


Fig. 211. — Burette de l'hydrotimètre.

Voici maintenant comment on procède à l'essai d'une eau de source ou de rivière. On en mesure dans le flacon d'essai 40 centimètres cubes, et on y laisse tomber goutte à goutte la liqueur hydrotimétrique, en essayant de temps en temps si elle produit, par l'agitation, une mousse légère et persistante. Tant que les sels calcaires ne sont pas entièrement précipités par le savon, la mousse qui se forme à la surface du liquide, quand on secoue fortement le flacon, disparaît immédiatement. Lorsque cette mousse forme une couche régulière de plus d'un demi-centimètre d'épaisseur et se maintient au moins 10 minutes sans s'affaisser, l'essai est terminé. La quantité de liqueur d'épreuve, sortie de la burette, indique le *degré hydrotimétrique* de l'eau.

Ainsi, une eau de source a exigé 25 divisions ou degrés de la burette en liqueur d'épreuve. Cela signifie que 1 litre de cette eau décompose ou neutralise 25 décigrammes, ou $2^{gr},5$ de savon, et qu'elle renferme $0^{gr},25$ de sels calcaires, puisqu'un degré hydrotimétrique représente 1 centigramme de ces sels contenus dans 1 litre d'eau.

Une eau est donc d'autant plus pure qu'elle marque moins de degrés à l'hydrotimètre. Voici une échelle de pureté de quelques eaux de sources et de rivières :

	Degrés hydrotimétriques.		Degrés hydrotimétriques.
Eau distillée.	0°	Source de la Dhuis. . . .	24°
— de neige	2°,5	Lys, à Bousbecques. . . .	25° à 27°
— de pluie.	5°,5	Deule en amont de Lille.	24°,5
Allier, à Moulins. . . .	5°,5	— dans Lille. . . .	29°,5
Loire, à Tours.	5°,5	Escaut, à Valenciennes. .	24°,5
Rhône en hiver, à Lyon.	15°,0	Canal de l'Ourcq, près Paris. .	30°
Seine, à Yvry	15° à 17°	Sources des prés St-Gervais à Paris.	72°

L'hydrotimétrie est, comme vous le voyez, un moyen aussi commode que rapide d'établir la valeur relative des eaux économiques ou industrielles; dans des mains habiles, elle permet de doser avec une assez grande précision la chaux, la magnésie, l'acide carbonique libre, l'acide sulfurique libre ou combiné; mais pour la pratique habituelle, on peut se contenter du dosage de la chaux, parce que c'est la substance dominante dans toutes les eaux et celle qui influe le plus sur leurs qualités.

FABRICATION DES BOUGIES STÉARIQUES.

Une autre application non moins intéressante des corps gras à nos besoins journaliers, c'est la fabrication des bougies que l'on désigne dans le commerce sous les noms de *bougies stéariques*, *bougies de l'étoile*, *du phénix*, *du soleil*, *du phare*, etc.

C'est une industrie toute française, dont l'idée appartient à MM. Gay-Lussac et Chevreul. Les premières tentatives d'appliquer les acides stéarique et margarique à l'éclairage datent de 1825; c'est surtout à partir de 1839 que les bougies confectionnées avec eux sont entrées dans la consommation; aujourd'hui celle-ci s'élève à plusieurs millions de kilogrammes pour la France seulement; on en fabrique à peu près partout, même au fond de la Sibérie et en Australie.

Comme ces bougies sont beaucoup moins chères que celles en cire et éclairent mieux, comme de plus elles n'ont pas la mauvaise odeur, ni la lumière rouge et fumeuse des chandelles de suif, il est facile de comprendre la préférence qu'on leur donne sur les unes et les autres, surtout depuis que leur prix est descendu à 2 fr. 40 le kilogramme (pour les qualités inférieures toutefois).

Le procédé le plus généralement employé, imaginé par MM. de Milly et Motard, s'effectue par voie humide ou par saponification calcaire de la manière suivante :

Dans une cave en bois légèrement conique, AA (*fig.* 212), doublée en plomb, de la contenance de 2300 litres environ, on introduit 500 kilogr. de suif de bœuf ou de mouton avec 1000 litres d'eau; on chauffe au moyen d'un tube circulaire *e* placé dans le fond de la cuve et qui lance de la vapeur par une multitude d'orifices. La fusion opérée, on ajoute peu à peu 75 kilogr. de chaux bien délayée, et on laisse à la combinaison le temps de s'effectuer, en ayant soin toutefois d'agiter fortement la masse.

Cette agitation est produite par un arbre en fer *b*, portant plusieurs bras *ccc*, armés de dents; il reçoit le mouvement d'un engrenage communiquant avec la machine à vapeur. Au bout de six à huit heures, la saponification est opérée. On soutire la partie liquide qui entraîne en dissolution la glycérine; et on procède im-

médiatement à la décomposition du savon calcaire qui reste en grumeaux très-durs.

Pour cela, on verse dans la cuve 135 à 140 kilogr. d'acide sulfurique à 66°, préalablement étendu de vingt fois son volume d'eau. On lâche la vapeur, que l'on continue jusqu'à ce que tous

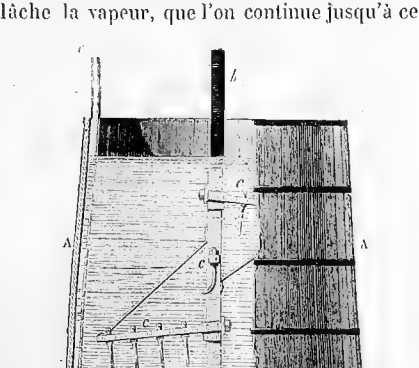


Fig. 212. — Saponification calcaire.

les grumeaux aient disparu, ce qui demande plusieurs heures. Vous comprenez que l'acide sulfurique s'empare de la chaux et met en liberté les acides gras. Après un repos de douze heures, ces derniers surnagent le liquide encore chaud, tandis que le sulfate de chaux s'est déposé au fond de la cuve.

On soutire la couche huileuse au moyen d'un robinet placé au-dessus du dépôt, dans une cuve de bois, doublée de plomb, chauffée à la vapeur, où les dernières traces de chaux sont enlevées à l'aide d'une solution à 20° d'acide sulfurique. On opère un second lavage à l'eau pure et bouillante, et l'on fait rendre les acides gras, ainsi purifiés, dans de petites caisses de fer-blanc où, en se refroidissant, ils cristallisent et prennent la forme de pains jaunâtres.

Ces pains, du poids de 2 kilogr., sont divisés mécaniquement au moyen d'un couteau; la râpure est enveloppée en couches minces dans une serge, et soumise à l'action progressive d'une bonne

presse hydraulique verticale (*fig.* 213), qui en expulse une bonne partie de l'acide oléique liquide, simplement interposé entre les cristaux des deux acides solides, stéarique et margarique.

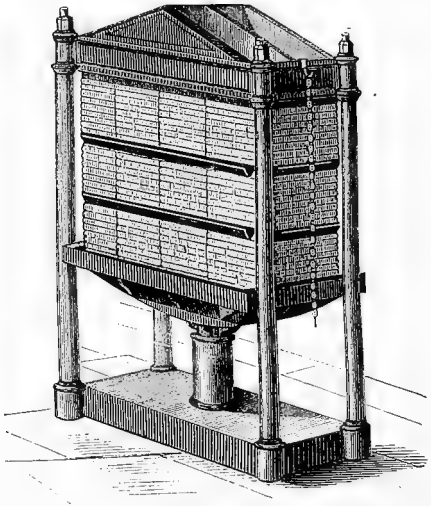


Fig. 213. — Presse hydraulique pour les acides gras, pressage à froid.

Pour chasser les dernières portions de cet acide oléique, qui est coloré par plusieurs substances étrangères qu'il tient en dissolution, on est obligé de recourir à une nouvelle pression, au moyen d'une presse hydraulique puissante, disposée horizontalement et dans laquelle les pains d'acides gras sont placés verticalement dans des sacs de crin séparés les uns des autres par des plaques de fer creuses, chauffés jusqu'à 40° au moyen d'un courant de vapeur (*fig.* 214).

Les acides solides qui restent après ces deux pressages sont durs, cassants, d'une grande blancheur; ils forment les 45 centièmes du suif employé. Le raffinage qu'on leur fait subir, pour les avoir tout à fait purs, consiste à les fondre sur de l'eau acidulée par l'acide sulfurique, à les laver à deux ou trois reprises avec de l'eau bouil-

lante, à les clarifier à l'aide de blancs d'œufs délayés dans de l'eau acidulée par l'acide oxalique, enfin à les laver une ou deux fois à

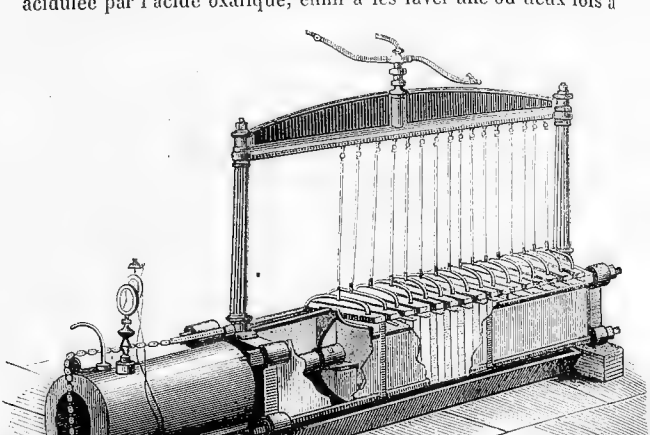


Fig. 214. — Presse hydraulique pour les acides gras, pressage à chaud.

l'eau chaude; après repos, on les soutire dans des moules. On obtient ainsi des pains très-blancs, que l'on expédie aux fabricants établis dans les villes; ceux-ci se bornent à les convertir en bougies.

Cette dernière opération diffère peu du moulage des chandelles. Les acides en pains sont d'abord mis en fusion, à la plus basse température possible, dans une chaudière à double fond, plaquée en argent et chauffée à la vapeur. On leur ajoute ordinairement de 3 à 5 pour 100 de cire, qui rend la cristallisation plus confuse et empêche les bougies, et les stalactites qui se forment sur elles, d'être trop friables. On brasse continuellement, et lorsque les acides sont sur le point de se solidifier, on les coule dans des moules légèrement échauffés, garnis à leur centre d'une mèche convenablement tendue. Ces moules sont réunis et rangés, au nombre de 24 à 30, dans un entonnoir commun (*fig.* 215) qui

plonge dans une caisse où l'on fait arriver de la vapeur. On a, de la sorte, une pâte liquide qui se congèle dans les moules avec as-

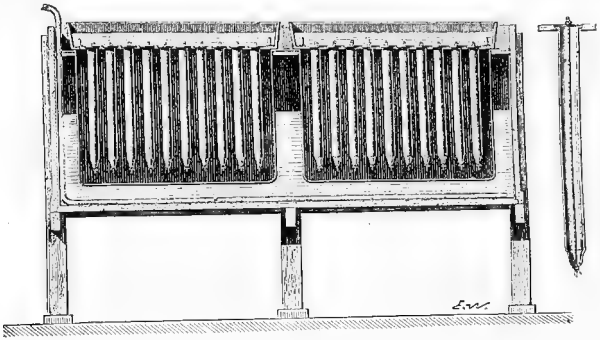


Fig. 215. — Moulage des acides gras en bougies.

sez de rapidité pour prendre une texture confuse, à grains fins, et sans effets de cristallisation.

Les mèches, destinées aux bougies stéariques, sont tressées à plus de trois brins, ce qui évite la nécessité de moucher, attendu que par suite du tressage, et pendant la combustion, les fils se détournent, se recourbent légèrement, et leur extrémité va se consumer dans le blanc de la flamme.

On trempe aussi les mèches dans une dissolution très-faible d'acides borique et sulfurique, pour que la chaux retenue par les acides gras soit entraînée par l'acide borique dans la flamme et ne diminue pas la capillarité du coton.

On blanchit les bougies par l'exposition à la lumière et à la rosée ; on les polit en les plongeant dans une dissolution faible de carbonate de soude et en les faisant passer sous des cylindres garnis de drap qui, par leurs mouvements de va-et-vient en tournant sur leurs axes (*fig.* 216), les exposent à des frictions répétées.

L'*acide oléique*, qui reste comme produit secondaire de cette fabrication, sert à faire des savons communs, à alimenter les lampes des orfèvres, des fabricants de boutons, de plaqué, etc., et à l'ensimage de la laine dans les manufactures de draps. C'est lui qu'on appelle improprement *huile de suif*.

Quant à la *glycérine*, qui reste en dissolution dans les eaux de la saponification calcaire, on ne la perd plus comme autrefois, car on lui a trouvé de très-utiles applications. Les fabriques de produits chimiques la livrent actuellement au commerce sous la forme d'un sirop incolore; les parfumeurs la font entrer dans leurs cos-

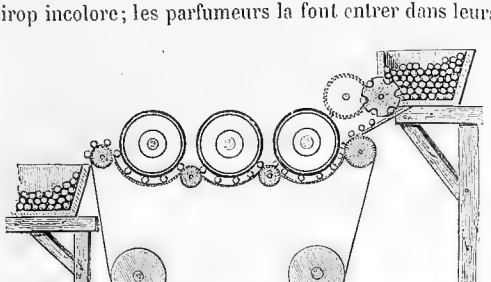


Fig. 216. — Polissage mécanique des bougies.

métiques, dans leurs savons de toilette; les chirurgiens l'emploient pour les pansements; les pharmaciens pour préparer divers médicaments; les tisserands pour la confection de parements; les mouleurs et sculpteurs pour maintenir la souplesse de leurs terres; les naturalistes pour la conservation des pièces d'anatomie, etc.

Mais, un des faits les plus curieux dans l'histoire de cette singulière substance, c'est sa conversion en un liquide d'apparence huileuse des plus explosifs, lorsqu'on la met en contact, à — 0°, avec un mélange de deux parties d'acide azotique monohydraté et de deux parties d'acide sulfurique à 66°.

C'est en 1847 que le professeur Sobrero, de Turin, a découvert ce nouveau composé fulminant qu'il a nommé *nitro-glycérine* et qui paraît être l'analogue, par sa composition, de la pyroxyline, puisqu'on le représente par de la glycérine dans laquelle trois équivalents d'hydrogène sont remplacés par trois équivalents d'acide hypoazotique; en effet:

la glycérine sirupeuse est représentée par $C^6H^8O^6$,
et la nitro glycérine. . . . . p $C^6\left(\begin{matrix}H^5\\(AzO^4)^3\end{matrix}\right)O^6$

Cela explique l'inflammabilité et la violence avec laquelle la nitroglycérine agit lorsqu'on l'échauffe ou on la comprime. Un papier qui en est imprégné détone violemment par un léger choc; avec 32 grammes, on fait éclater un bloc de fer de 20 kilogr.; on perce des navires cuirassés aussi facilement que s'ils étaient blindés avec du verre à vitre.

Ce n'est qu'à partir de 1865 qu'un ingénieur suédois, M. Nabel, a réussi à l'appliquer à l'explosion des rochers et autres corps durs. On s'en sert maintenant avec avantage dans les grandes carrières de grès de la vallée de la Zorn (Bas-Rhin) en place de poudre de mine ordinaire.

Malheureusement ce composée fulminant, d'une puissance si effrayante, exige de minutieuses précautions pour son transport et dans son usage; il a déjà produit de tels désastres que son emploi vient d'être interdit en Belgique.

CHAPITRE III

PRODUITS DÉRIVANT DE LA DÉCOMPOSITION DES MATIÈRES ORGANIQUES PAR LE FEU.

Un grand nombre d'industries chimiques reposent sur la décomposition par la chaleur des matières végétales et animales qui, sous cette puissante influence, donnent de nouveaux produits qui servent aux besoins de l'économie domestique ou aux nécessités des arts.

Tantôt ce sont les résidus solides de cette destruction qui sont utilisés, comme le charbon de bois, le noir de fumée, le coke, le noir animal, les potasses et les soudes, le bleu de Prusse, etc.

Tantôt ce sont les produits volatils ou gazeux qui forment l'objet essentiel de l'exploitation, comme l'acide pyroligneux, l'esprit-de-bois, le goudron et ses dérivés, les sels ammoniacaux, le phosphore, le gaz de l'éclairage, etc.

Je vais vous indiquer sommairement comment on se procure ces différentes substances chimiques, moins toutefois les potasses, les soudes, et le phosphore dont il a déjà été question.

FABRICATION DES CHARBONS.

Les charbons artificiels qui proviennent de la *carbonisation* en vases clos des matières organiques, ont des destinations différentes : les uns servent à la production de la chaleur (charbon de bois, coke), d'autres sont utilisés comme matières colorantes (noir de fumée, noir d'ivoire), ou comme agents décolorants et désinfectants (noir d'os).

Charbon de bois. — La carbonisation du bois à l'abri de l'air est une opération bien ancienne, et sa pratique n'a guère changé, puisque la méthode suivie dans nos forêts et qui porte le nom de

carbonisation en *faulde*s ou en *meules*, est à très-peu de chose près celle qu'on trouve décrite dans le *Traité sur les pierres* du naturaliste Théophraste, de Lesbos, qui vivait à la fin du quatrième siècle avant l'ère vulgaire.

Voici comment on opère généralement.

On forme, à portée des tas de bois abattu, et sur un terrain uni, ferme et le moins humide possible, des pyramides de bûches

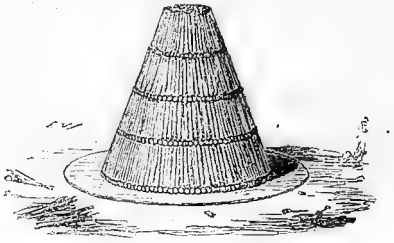


Fig. 217. — Construction d'une meule.

en cônes tronqués par leur sommet (*fig.* 217), au centre desquelles on ménage un espace vide pour y mettre le feu. On re-

Fig. 218. — Meule en combustion.

couvre ces bûchers d'une couche de feuilles sèches ou de gazon retourné, sur laquelle on applique de la terre bien battue, en ména-

geant au bas quelques ouvertures pour laisser un accès à l'air (*fig.* 218).

Le diamètre ordinaire de ces pyramides ou *meules* est à la base de 4 à 6 mètres, et elles contiennent de 40 à 50 stères de bois. Cependant, dans certaines forêts, les meules ont de 12 à 14 mètres de diamètre, et elles renferment de 100 à 150 stères.

Tout étant bien disposé, on met le feu en jetant dans l'ouverture centrale du charbon enflammé et du menu bois. Lorsque toute la masse est bien embrasée, on bouche avec du gazon l'ouverture centrale et celles du bas, afin qu'une combustion lente se continue, et que le bois, à l'abri des courants d'air, se convertisse peu à peu en charbon sans se réduire en cendres. La carbonisation dure de 8 à 12 jours pour les meules de 150 stères. Quand elle est achevée, on laisse suffisamment refroidir la masse pour pouvoir la découvrir et retirer le charbon.

Le charbon bien cuit est dur, compacte, sonore, et à cassure luisante; quand il ne l'est pas assez, il est terne, casse difficilement et brûle avec une flamme blanche en répandant de la fumée ; voilà pourquoi on l'appelle *fumeron*.

Théoriquement, on devrait obtenir 38 à 40 pour 100 de charbon, puisque le bois séché à l'air se compose à peu près de :

Carbone.	39
Hydrogène et oxygène dans les proportions de l'eau.	35
Matières minérales fixes (cendres)	1
Eau libre ou d'interposition.	25
	100

Mais, en grand, on ne peut réunir toutes les conditions favorables, en sorte qu'une grande partie du carbone est brûlée par l'air; aussi, dans les forêts, n'obtient-on généralement que 18 pour 100 de charbon vendable.

On y a apporté quelques améliorations, qui ont surtout pour effet d'empêcher les courants d'air, ce qui permet de réaliser de 23 à 24 pour 100 d'excellent charbon. On en obtient encore davantage, 27 pour 100, en opérant tout à fait en vases clos, suivant la méthode de Lebon, dont je vous parlerai plus tard.

Le *charbon moulé de Paris*, dû à M. Popelin-Ducarre, est préparé avec les menus débris des forêts, des poussiers de charbon de bois, de ourbe, de coke, qu'on carbonise dans des fours en briques (*fig.* 219).

Le résidu de la combustion est broyé sous des meules coniques, puis mêlé, sous des cylindres métalliques, avec une certaine quantité de goudron de houille. La pâte ferme qui en résulte est fortement comprimée et soumise à un moulage qui la façonne en petits cylindres, qu'on laisse sécher pendant 48 heures, et que l'on soumet ensuite à une nouvelle carbonisation dans des fours d'une construction ingénieuse, et telle que la combustion des produits fournis par la distillation du goudron suffit pour développer la chaleur nécessaire à la carbonisation elle-même. Le goudron, en se décomposant, laisse un résidu charbonneux dur et brillant qui forme, au milieu de la masse du combustible, comme un réseau qui en soude toutes les parties.

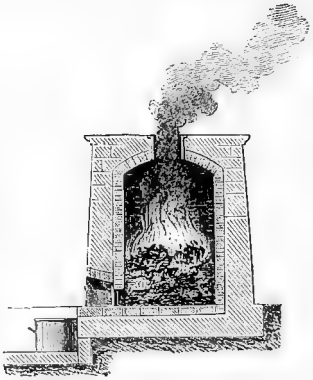


Fig. 219. — Four de M. Popelin-Ducarre, pour la fabrication du charbon moulé de Paris.

Le produit obtenu est très-peu friable et peut être transporté à de grandes distances sans un déchet notable. Il s'embrase assez facilement; il brûle sans flamme ni fumée, avec une grande lenteur. Il est particulièrement propre aux usages domestiques, surtout pour les petits ménages.

Charbon de houille ou coke. — C'est sous le règne de la reine Élisabeth, d'Angleterre, qu'on imagina de carboniser la houille, afin de suppléer au charbon de bois, qui était alors d'un usage général pour la fabrication du fer. L'emploi du coke ne s'introduisit en France que vers 1772; il y fut importé de la Grande-Bretagne par un nommé Jars.

Trois méthodes sont employées pour transformer la houille en coke.

La première, qui fournit un coke fritté ou boursouflé d'une

faible densité, consiste à soumettre à la distillation dans des cylindres horizontaux de terre ou de fonte (*fig.* 220), des houilles grasses qui, sous l'influence de la chaleur, se dédoublent en pro-

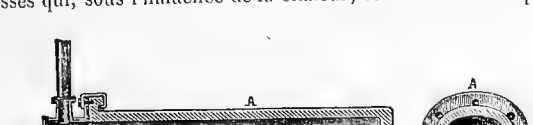


Fig. 220. — Cylindre pour la distillation de la houille.

duits volatils (gaz éclairants, goudrons, huiles, sels ammoniacaux, etc.), que l'on recueille avec soin, et en coke qui reste dans les cylindres.

Le charbon obtenu ainsi est exclusivement réservé à l'économie domestique ou au chauffage des petits foyers, parce qu'il s'allume facilement et brûle sans peine jusqu'à la fin. Sa faible densité, son défaut d'agglomération, le rendent peu propre aux usages industriels et au chauffage des locomotives.

On obtient le *coke metallurgique*, ou *de suffocation*, par une cuisson lente de la houille réunie en grandes masses, soit dans

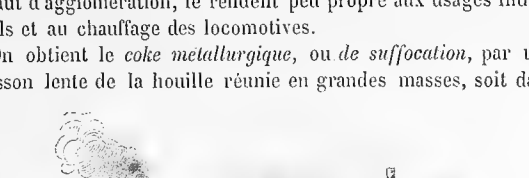


Fig. 221.— Carbonisation de la houille en meules.

des meules ou tas en plein air, disposés à peu près comme les meules de bois dans les forêts (*fig.* 221), soit, ce qui est maintenant plus général, dans des fours clos en briques réfractaires, à sole non chauffée ou chauffée.

Les fours les plus employés, en Angleterre, au Creusot, à Saint-Étienne, en Belgique, à Anzin, à Denain, sont réunis par groupes de 12 ou de 24 dans un même massif de maçonnerie ;

ils sont rectangulaires et surmontés d'une voûte cintrée ; ils sont fermés aux deux extrémités par des portes en fonte (*fig.* 222). Les plus petits de ces fours peuvent recevoir jusqu'à 52 hectolitres de houille ; les plus grands 100, mais en moyenne 70 à 80. Cette

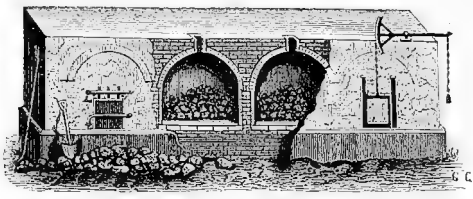


Fig. 222. — Fours à coke.

charge a lieu par des ouvertures percées dans la voûte et devant lesquelles viennent se présenter des wagonnets à bascule circulant sur des rails longitudinaux.

Dans les fours ordinaires, à sole non chauffée, les gaz et les goudrons, provenant de la carbonisation de la houille, ne pouvant s'échapper par les ouvertures qui ont été fermées après la charge, sont refoulés et passent dans une cheminée traînante qui les dirige dans la cheminée d'appel de l'usine.

Dans les fours à sole chauffée, ces gaz sont avalés par des ouvertures latérales placées dans la paroi verticale des fours et conduits dans des carneaux placés sous la sole, où ils ne tardent pas à s'enflammer au contact d'un courant d'air soigneusement ménagé de l'extérieur à l'intérieur. Par leur combustion, ces gaz développent une température très-considérable qui, se communiquant à la sole du four et à la houille qui la recouvre, rend la carbonisation plus active et plus économique. Aussi ces derniers fours tendent-ils à remplacer partout les premiers, d'autant plus qu'ils donnent jusqu'à 63 et 65 pour 100 de coke, et dépassent de 5 à 6 pour 100 le rendement des fours à sole non chauffée. — Dans la carbonisation en meules, on ne réalise guère que 40 pour 100 de coke.

Dans tous les cas, la cuisson pour le coke métallurgique dure au moins 24 heures, et, pour le chauffage des locomotives, elle va jusqu'à 48, 72 et même 96 heures, afin que le charbon soit

plus dur et plus compacte. Après le défournement, on éteint le coke incandescent, en l'arrosant avec de l'eau.

Dans les grandes usines de la Belgique, on soumet les houilles à un lavage préalable qui les débarrasse des schistes, pyrites, substances pierreuses, afin d'avoir des cokes qui ne donnent que 5 à 6 pour 100 de cendres, quelquefois moins, tandis que les cokes provenant des mêmes houilles non lavées, en produisent de 10 à 15 pour 100 et au delà.

Noir de fumée. — Lorsqu'on interpose dans la flamme d'une chandelle un morceau de porcelaine, ou bien une lame métallique, on détermine aussitôt sur le corps qui refroidit la flamme le dépôt d'un charbon léger, pulvérulent, qu'on désigne habituellement sous le nom de *noir de fumée*.

Cette variété de charbon végétal s'obtient très en grand en condensant dans des chambres en briques, isolées ou placées plusieurs à la suite les unes des autres *a a* (*fig.* 223), ou dans de

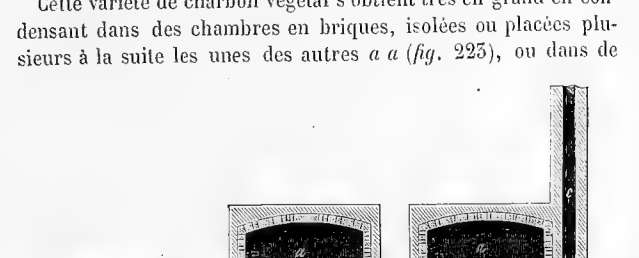


Fig. 223. — Fabrication du noir de fumée.

grands sacs au nombre de 30 à 50, la fumée qui provient de la combustion imparfaite, dans des capsules de fonte *m*, de matières résineuses, bitumineuses ou grasses. On se servait autrefois presque exclusivement de la résine commune du pin ; aujourd'hui, on emploie avec avantage des résidus de goudrons végétaux, des bitumes, des résidus d'huiles ou de graisses, de la houille, comme aux environs de Sarrebruck.

Dans tous les cas, la fumée, après avoir déposé dans un tuyau

en tôle *n* les produits liquides qu'elle entraîne et qui s'écoulent par un ajutage *o* dans une cuvette *v*, arrive dans les chambres ou dans les sacs et dépose, en s'y refroidissant, un charbon très-fin, léger, d'un noir foncé, qui ne renferme que 80 pour 100 de carbone pur.

Dans cet état d'impureté, on le fait servir dans la peinture en bâtiments et à la préparation de l'encre d'imprimerie; mais pour certaines applications, comme, par exemple, la composition de l'encre lithographique, on le prive de ses parties huileuses ou résineuses, en le soumettant à une forte calcination dans de petits cylindres de tôle. Le noir, broyé ensuite à l'eau ou à l'huile, donne une couleur très-intense et de bonne qualité.

C'est avec le noir de fumée le plus fin, mélangé des 2/3 de son poids d'argile, qu'on prépare les *crayons noirs* employés pour le dessin. Le mélange est mis en consistance de pâte, qu'on passe ensuite à la filière, ou que l'on comprime dans des moules, ayant la forme d'une pyramide quadrangulaire tronquée.

Charbon ou noir animal. — Le *charbon animal* est celui qui résulte de la carbonisation de toutes les matières d'origine animale. Il y en a dans le commerce deux variétés distinctes, à savoir :

1° le *noir animal* ou *charbon d'os*, qu'on prépare avec les os de boucherie et des autres animaux, ramassés dans les villes et les campagnes ;

2° le *noir d'ivoire*, qu'on obtient avec les rognures d'ivoire mises au rebut par les tablettiers, ou avec les os de pieds de moutons bien nettoyés.

Quelle que soit la matière première, le procédé de carbonisation est le même. On en remplit des marmites en fonte (*fig.* 224), d'une capacité de 25 kilogr., qu'on empile les unes sur les autres, dans la chambre d'un four à potier (*fig.* 225). Le foyer A, qui sert à chauffer cette chambre au rouge, est de niveau avec la sole du four ; un mur B en briques réfractaires sépare le foyer de la chambre D où sont entassées les marmites, et il laisse passer la flamme par plusieurs ouvertures latérales *cccc*. La porte E sert au service du four, dans le fond duquel se trouve un autre mur en briques, percé de cinq ouvertures dans le bas *o*, pour l'évacuation des gaz dans la cheminée terminale G.

Il y a ordinairement deux fours accolés à la même cheminée pour que le travail soit continu ; pendant que l'un est en marche, l'autre se refroidit, est déchargé et rempli d'os frais. Après trente-

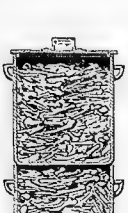


Fig. 224. — Marmites à calciner les os.

Fig. 225. — Four à calciner les os.

six heures de feu, la décomposition est terminée ; on enlève alors les os noirs des marmites pour les renfermer dans des étouffoirs. Ce n'est que lorsqu'ils sont entièrement froids qu'on les réduit en poudre ou en grains.

Pour le *charbon d'os* destiné au raffinage des sucres, on se sert généralement de cylindres cannelés en fonte, qu'on peut rapprocher ou écarter à volonté suivant la grosseur qu'on veut donner au noir. On blute ensuite pour séparer les grains de la poudre trop fine, dite bien improprement *folle farine*.

Quant au *noir d'ivoire*, qui doit être employé comme matière colorante, on broie à l'eau, afin d'obtenir une plus grande ténuité, soit sous des meules verticales tournant sur un plan horizontal, comme les meules à huile, soit sous des meules horizontales semblables à celles qui servent à la mouture du blé. Un seul broyage suffit pour les emplois grossiers de ce noir, tel, par exemple, que la fabrication du *cirage*, qui en consomme d'énormes quantités ; mais, pour la peinture, on le soumet à plusieurs broyages successifs, dont le nombre augmente en raison de la finesse qu'on veut lui donner.

Le charbon animal renferme jusqu'à 90 pour 100 de matières inorganiques, salines ou autres, et 10 pour 100 seulement de carbone. Ils est donc bien différent, sous ce rapport, du charbon de

bois, qui ne contient que 1 à 2 pour 100 de cendres. De plus, il retient toujours un peu d'azote, tant qu'il n'a pas été fortement calciné ; tandis que c'est de l'hydrogène que le charbon végétal contient entre ses pores.

FABRICATION DES PRUSSIATES.

Lorsqu'on opère la décomposition des matières animales, tels que débris de chair, cornes, sabots de bœufs et de chevaux, chiffons de laine, crins, bourres, vieux cuirs, sang desséché, etc., dans des cylindres de fonte, semblables à celui qui est représenté ici,

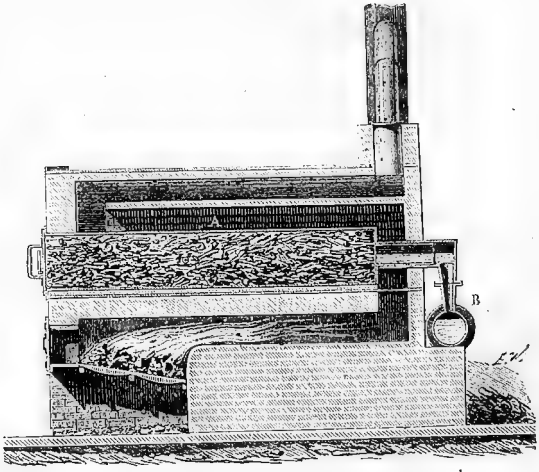


Fig. 226. — Distillation des matières animales en vases clos.

A (*fig.* 226), en ajoutant à leur partie postérieure une tubulure qui conduit les produits de la distillation dans un cylindre extérieur B, où les vapeurs les plus condensables se liquéfient, on obtient : des *huiles empyreumatiques* à odeur repoussante, qu'on désigne depuis longtemps sous le nom d'*huile animale de Dippel*, des eaux ammoniacales impures dont on tire parti, comme je vous l'indiquerai un peu plus tard, et enfin un charbon très-azoté qui demeure dans les cylindres.

C'est de l'utilisation de ce charbon que je veux vous parler en ce moment. Les sabots et rognures de cornes en fournissent 12 à 15 pour 100; le sang desséché, 10 pour 100. C'est avec lui qu'on prépare ces composés dont il a déjà été question plusieurs fois sous le nom de *prussiates* ou de *cyanoferrures*. On agit de la manière suivante :

Prussiate de potasse. — Le charbon azoté est finement pulvérisé sous des meules et mélangé très-intimement avec de la potasse perlasse de bonne qualité, aussi exempte que possible de sulfate, dans la proportion de 1 1/2 à 2 parties de charbon pour 1 de potasse. On chauffe ensuite le mélange dans une cornue en fonte, ovoïde (*fig.* 227), jusqu'à ce qu'il arrive à l'état de fusion pâteuse, où on le maintient.

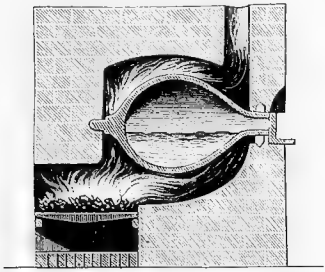


Fig. 227. — Fabrication du prussiate de potasse dans les cornues.

Cette cornue dont les parois ont de 3 à 4 centimètres d'épaisseur, est placée, dans une position légèrement inclinée en arrière, au centre d'un four à réverbère et elle est soutenue à sa partie postérieure par un tourillon. Son col est supporté par deux appendices, et se ferme au moyen d'un tampon. Au-devant de cette ouverture se trouve une plaque en fonte.

On chauffe peu à peu au rouge; on bouche alors le col de la cornue. On remue de quart d'heure en quart d'heure avec un ringard de fer, et quand il ne se produit plus de gaz combustibles, que la flamme a disparu, l'opération est terminée; elle dure moyennement huit heures. On enlève la matière et on la porte dans des chaudières de fer, où on la fait bouillir avec de l'eau. Pendant ce temps, on recharge la cornue pour une autre calcination, et ainsi de suite, sans désemparer, jusqu'à ce qu'il faille renouveler la cornue qui se troue assez rapidement.

Quelquefois, au lieu de convertir les matières animales en charbon, on les calcine telles quelles avec la potasse dans des fours

à réverbère dont la sole est formée par une cuvette circulaire en fonte épaisse, telle qu'on le voit dans la figure 228. Lorsque la sole

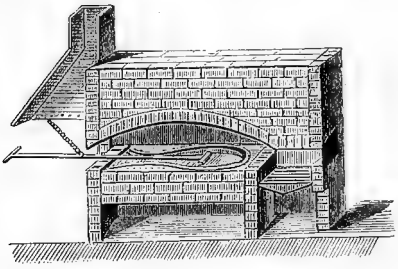


Fig. 228. — Fabrication du prussiate de potasse dans les fours.

est en briques, comme à l'ordinaire, on ajoute au mélange de potasse et de matières animales une certaine quantité de limaille de fer (1 centième environ).

La matière calcinée, d'une manière ou d'une autre, est épuisée par l'eau bouillante à plusieurs reprises. On évapore toutes les liqueurs claires dans des chaudières plates en tôle, et on les dirige ensuite dans des cristallisoires en bois ou en tôle rivée. Il se dépose dans ceux-ci de beaux cristaux tabulaires (*fig.* 229) d'un jaune citron, transparents, qu'on purifie par une ou deux cristallisations subséquentes avant de les livrer au commerce, sous le nom de *prussiate ferrugineux de potasse* ou *prussiate jaune de potasse*.

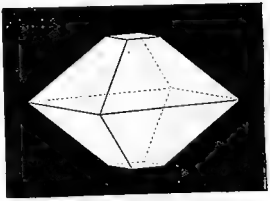


Fig. 229. — Forme habituelle du prussiate ferrugineux de potasse.

Les eaux mères sont évaporées à siccité, et l'on fait rentrer le résidu alcalin, comme potasse, dans une autre calcination.

Nature du prussiate de potasse. — Cyanogène et ses dérivés. — Le *prussiate ferrugineux de potasse*, résultat principal

de l'opération précédente, est un *double cyanure de fer et de potassium*. Voici comment il se produit.

Toutes les fois qu'on calcine une matière azotée ou du charbon azoté avec de la potasse et du fer, ou dans un vase de fer, le charbon s'unit à l'azote, dans les rapports de 2 à 1 pour constituer un *azoture de carbone*, composé gazeux, fonctionnant à la manière d'un corps simple, du chlore, du brome, de l'iode, et susceptible de s'unir aux métaux comme ces derniers. Ce radical composé, C^2Az, a reçu de Gay-Lussac qui l'a découvert et parfaitement étudié en 1815, le nom de *cyanogène*, qui veut dire *générateur du bleu*, parce que c'est lui qui sert à former le *bleu de Prusse*.

Le cyanogène a ceci de caractéristique qu'il brûle avec une belle flamme violette en présence de l'air et d'un corps actuellement en combustion, en se transformant en azote et en acide carbonique; qu'il a une odeur vive et pénétrante, et qu'à l'exemple du chlore, il s'unit à un volume d'hydrogène pour former deux volumes d'un hydracide, l'*acide cyanhydrique* $= HC^2Az$, ou plus simplement HCy, Cy symbolisant plus simplement l'azoture de carbone. Cet acide cyanhydrique, nommé autrefois *acide prussique*, est de toutes les substances vénéneuses tirées des trois règnes, la plus terrible et la plus rapide dans ses effets.

L'acide cyanhydrique est un liquide incolore, dont l'odeur rappelle tout à fait celle des amandes amères ou des fleurs de pêcher; il entre en ébullition à 26° 1/2. Si on le traite par du potassium, il s'en dégage l'hydrogène, et il se produit un composé binaire de métal et de cyanogène, c'est-à-dire un *cyanure de potassium*, KCy, comparable par son mode de composition au chlorure de potassium KCl.

Ceci entendu, vous comprenez maintenant qu'une fois qu'il s'est formé, pendant la calcination d'une matière azotée avec un alcali et du fer, une certaine quantité de cyanogène, celui-ci, trouvant du fer et du potassium provenant de la potasse réduite par le charbon, s'y combine et produit alors du *cyanure de potassium*, KCy, et du protocyanure de fer, FeCy; ceux-ci restent unis et constituent un *cyanure double de potassium et de fer* (*cyanoferrure de potassium*), qui se dissout dans l'eau avec laquelle on lessive le résidu de la calcination.

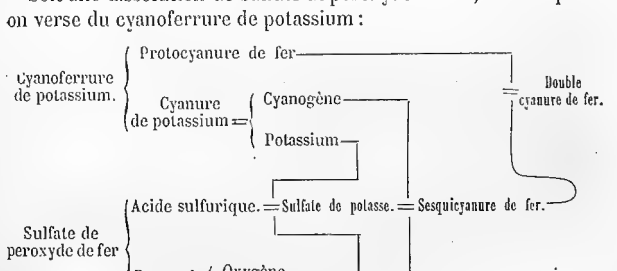
Ce cyanure double a pour symbole, quand il est cristallisé, ^{2}KCy,

FeCy,^{3}HO. Sa dissolution est un des réactifs le plus souvent employés pour distinguer les uns des autres les métaux des quatre dernières sections dissous dans les acides, parce qu'elle donne lieu, vous l'avez déjà vu plusieurs fois, à des précipités floconneux dont les couleurs varient et sont caractéristiques pour certains métaux. Ainsi,

avec les sels de zinc, d'étain, de plomb, de mercure, de manganèse, d'argent et d'or	elle donne un précipité blanc
avec les sels de bismuth	un précipité jaune serin.
— de cuivre	— cramoisi.
— de nickel et de cobalt	— vert.
— de peroxyde de fer	— bleu foncé.
— de protoxyde de fer	— blanc, mais qui passe peu à peu au bleu par le contact de l'air.

Cyanures doubles insolubles. — Bleu de Prusse. — Tous ces précipités sont des *cyanures doubles*, insolubles, dont la légende suivante va vous faire comprendre facilement la formation.

Soit une dissolution de sulfate de peroxyde de fer, dans laquelle on verse du cyanoferrure de potassium :



ÉQUATION.

$$3\,(2\,KCy + FeCy) + 2\,(Fe^2O^3, 3\,SO^3) = (6\,KO, SO^3) + (3\,FeCy + 2\,Fe^2Cy^3).$$

Cyanoferrure de potassium. — Sulfate de sesquioxyde de fer. — Sulfate de potasse. — Double cyanure de fer.

Il se fait donc du sulfate de potasse qui reste dissous, et un *double cyanure de fer* qui se précipite en poudre d'un très-beau bleu. Ce composé n'est autre chose que le *bleu de Prusse* du commerce,

correspondant par sa constitution à l'oxyde noir ou salin du fer, *oxyde ferrosoferrique* = FeO,Fe^2O^3. On appelle donc, pour cette raison, le bleu de Prusse *cyanure ferrosoferrique*.

En fabrique, on prépare cette belle couleur minérale, dont les emplois sont si variés, en versant la dissolution de cyanoferrure de potassium dans une solution mixte de couperose et d'alun; il se fait un précipité d'un bleu clair, qu'on lave à plusieurs reprises avec de l'eau pure, jusqu'à ce qu'il ait acquis une belle couleur bleue. On l'égoutte sur des toiles, on le comprime modérément, et on le divise en petits pains qu'on laisse sécher à l'ombre [1].

Dans ce cas, le bleu de Prusse contient de l'alumine en mélange; cette matière a pour unique fonction de servir de véhicule à la matière colorante et d'augmenter son poids. Les *bleus fins* n'en contiennent que très-peu; il en est même quelques-uns qui n'en renferment pas.

La peinture à l'huile, l'azurage et l'impression des papiers, l'impression des indiennes, des tissus de laine et de soie, la teinture de ces mêmes tissus en absorbent de très-grandes quantités; mais en teinture et dans les *impressions-vapeurs*, on produit directement le bleu de Prusse sur les fibres, ainsi que je vais vous le démontrer.

On mordance d'abord la laine ou la soie dans un sel de peroxyde de fer légèrement acide, on fait sécher, on lave, on passe dans une eau de savon chaude, puis on plonge le tissu ainsi préparé dans un bain de prussiate de potasse acidulé. Le bleu de Prusse se produit sur les fibres, ainsi qu'il s'est formé tout à l'heure dans nos verres, et comme il est dans un très-grand état de division, il se combine intimement au tissu; il fournit ainsi une couleur qui est très-solide à l'air, à la lumière et aux acides, mais qui, malheureusement, ne résiste pas autant au savon et nullement à l'action des lessives. Voici, en effet, un écheveau de coton bleu dont je détruis subitement la nuance en l'immergeant dans une eau de soude.

[1] Le bleu de Prusse a été découvert par hasard, en 1710, par un fabricant de couleurs de Berlin, nommé Diesbach, et par un pharmacien de la même ville, Dippel, connu par l'huile empyreumatique qui porte son nom. Ce n'est, toutefois, qu'en 1724 que le procédé de sa fabrication fut publié en Angleterre par Woodward; c'est, à peu de chose près, celui qu'on suit encore dans nos fabriques de produits chimiques.

Il est donc très-aisé de distinguer les bleus obtenus par le cyanure double de fer, des bleus de cuve ou d'indigo, puisque ceux-ci ne sont point attaqués par les lessives caustiques.

C'est à Raymond père, ancien professeur de chimie à Lyon, qu'on doit l'introduction du bleu de Prusse en teinture. Il remporta, en 1811, le prix proposé par Napoléon Ier à cet égard. Les bleus qu'il obtint sur soie furent désignés sous les noms de *bleu Raymond, bleu Marie-Louise*.

Dans l'impression, on produit les *bleus prussiates*, en imprimant sur les pièces un mélange épaissi d'acides oxalique et tartrique et de prussiate de potasse, laissant sécher et soumettant à l'action de la vapeur pendant trois quarts d'heure. Toutes les parties imprimées prennent alors une belle couleur bleue, par suite du double cyanure de fer qui s'est produit, sous l'influence de la chaleur et de l'humidité, dans le mélange précédent.

Les *bleus de France* sont obtenus de la même manière, mais en ajoutant au mélange du chlorure d'étain qui favorise l'oxydation. La nuance tourne dans ce cas au pourpre indigo le plus foncé.

Cyanure de potassium. — Parmi les composés du cyanogène, il en est quelques-uns dont les applications sont tellement étendues et les propriétés si curieuses, que je ne puis m'empêcher de vous en dire quelques mots.

L'un est le *cyanure de potassium* qui joue un très-grand rôle dans les ateliers des galvanoplastes et des doreurs, puisque, comme je vous l'ai appris antérieurement, c'est lui qui sert à tenir en dissolution dans les bains l'argent et l'or, ainsi que tous les autres métaux, d'ailleurs, qu'on veut faire déposer en couches à la surface des métaux plus vulgaires.

On fabrique en grand ce cyanure, en calcinant au rouge cerise, dans un creuset de fer très-épais, 800 grammes de prussiate de potasse desséché et 300 grammes de carbonate de potasse. Dans ces conditions, le protocyanure de fer du premier se décompose en azote et carbure de fer, de sorte que la masse fondue devient noire et bourbeuse; le carbure de fer se colle aux parois du creuset, et le cyanure de potassium, mêlé au carbonate de potasse, reste en fusion au centre et donne par le coulage sur une plaque métallique une masse figée parfaitement blanche. On a soin de la

renfermer le plus promptement possible dans des flacons qu'on maintient hermétiquement bouchés, parce que le cyanure de potassium est très-déliquescent et facilement décomposable par l'acide carbonique de l'air.

Le maniement de ce composé n'est pas sans danger, car c'est un poison tout aussi redoutable que l'acide cyanhydrique; il faut éviter de mouiller les doigts dans sa solution, lorsqu'il y a sur eux des parties entamées ou saignantes.

Poudres fulminantes. — Fulminates. — Les autres composés du cyanogène qui ne sont pas moins dangereux, mais par une autre cause, sont ceux que l'on connaît sous les noms de *poudres fulminantes* de mercure et d'argent, dont la découverte appartient à l'anglais Howard.

Ce sont de véritables sels résultant de la combinaison des oxydes de mercure et d'argent avec un oxacide du cyanogène, Cy^2O^2, auquel on a donné le nom d'*acide fulminique*, pour rappeler la principale propriété de ses composés, qui prennent dès lors la dénomination de *fulminates*.

On obtient le *mercure fulminant de Howard*, autrement dit le *fulminate de mercure*, $(HgO)^2,Cy^2O^2$, en dissolvant 1 de mercure dans 12 d'acide azotique à 34°, ajoutant à la liqueur 11 d'alcool à 90° centésimaux, et chauffant le mélange au bain-marie jusqu'à production de vapeurs blanches, épaisses. On retire aussitôt du feu et, par le refroidissement, il se dépose une poudre blanche cristalline, qu'on lave à l'eau froide et qu'on sèche avec précaution.

Quant au *fulminate d'argent*, on l'obtient absolument de la même manière en suivant les proportions suivantes : argent, 2^{gr}, 5; acide azotique, 45 grammes ; alcool, 60 grammes.

On ne saurait prendre trop de précautions pendant la dessiccation de ces poudres, car le plus léger frottement entre deux corps durs suffit pour en déterminer l'explosion ; aussi n'emploie-t-on, dans les fabriques, que des baguettes de bois tendre et des cuilliers en papier pour y toucher; néanmoins il n'arrive encore que trop souvent des explosions terribles, qui détruisent instantanément les bâtiments les plus solides et entraînent la mort de nombreux ouvriers. Bien des chimistes ont été victimes de ces redoutables composés.

C'est avec le *fulminate d'argent* qu'on confectionne les bonbons chinois ou les *cosaques* dont on s'amuse au dessert. Une parcelle de cette poudre est collée, en compagnie de quelques grains de verre pilé ou de sable, entre deux bandes étroites de parchemin. Lorsqu'on tire ces bandes en sens contraires, le frottement des grains durs contre la poudre fulminante suffit pour en déterminer l'explosion.— Les cartes et les pétards fulminants sont préparés de la même manière ; lorsqu'on les jette avec force par terre ou qu'on les presse avec le pied, ils font explosion. Ces joujoux ont causé bien des blessures.

Le *fulminate de mercure* est généralement employé pour les amorces des fusils de chasse, à cause de sa facile inflammation et de son inaction sur le fer. Ces amorces consistent en petites capsules de cuivre embouti à la mécanique, au fond desquelles on introduit 16 à 20 milligrammes de fulminate associé à un peu de nitre ou de pulvérin. Les amorces des fusils de munition contiennent 40 milligrammes de ce mélange, qu'on met à l'abri de l'humidité par quelques gouttes d'une teinture alcoolique de résine laque.

1 kilogramme de mercure donne $1^{kil},250$ de fulminate, qui peut fournir environ 40 000 amorces. Le prix de celles-ci est ordinairement de 5 fr. 50 le mille.

DISTILLATION DU BOIS ET PRODUITS QUI EN DÉRIVENT.

Si au lieu de carboniser le bois en meules, on le soumet à une distillation sèche en vases clos, on obtient alors non-seulement une plus grande quantité de charbon, 28 à 30 pour 100, mais encore tous les produits gazeux et volatils qui caractérisent la décomposition par le feu des matières végétales neutres, à savoir : de l'eau, de l'*acide acétique*, des huiles empyreumatiques et du goudron, des gaz combustibles mêlés d'acide carbonique.

C'est Philippe Lebon, ingénieur des ponts et chaussées de la fin du dernier siècle, qui eut l'idée, en 1785, de traiter ainsi le bois pour utiliser les gaz à l'éclairage des phares, et le goudron à la marine. Il ne réussit pas dans cette direction, parce que ses gaz étaient fétides et trop peu éclairants ; mais, plus tard, il songea à extraire des liquides de la distillation l'acide acétique qui s'y

trouve en proportions notables, et il créa une nouvelle industrie chimique qui a pris un très-grand développement, tant en France qu'en Angleterre et en Allemagne.

L'appareil le plus employé en France pour cette opération est celui de M. Kestner (de Thann) ; vous l'avez sous les yeux (*fig.* 230).

Le bois, débité en petites bûchettes, est chargé dans un cy-

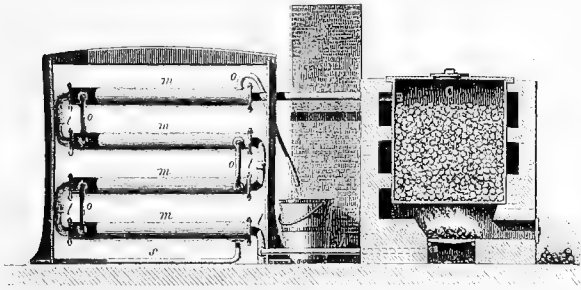


Fig. 230. — Appareil de Kestner pour la distillation du bois.

lindre en fonte C, d'une capacité de 3 mètres cubes environ; on l'y introduit par une ouverture pratiquée dans le couvercle. Ce cylindre est placé dans un fourneau à grille. Les produits de la distillation se rendent par le tuyau en tôle *t* dans l'appareil conducteur qui se compose de quatre tuyaux horizontaux placés les uns au-dessus des autres, réunis par des coudes *ttt* et enveloppés de manchons en tôle *mmmm*, dans lesquels circule continuellement un courant d'eau en sens inverse des produits condensés. Ceux-ci tombent par le conduit *p* dans un premier réservoir H, tandis que les gaz inflammables sont dirigés par le conduit *h*, muni d'une valve régulatrice, sous le foyer, de sorte qu'il n'est besoin de charger la grille de combustible qu'au début de l'opération; celle-ci s'achève grâce à la combustion des gaz.

Cinq à six heures suffisent, en général, pour obtenir la décomposition complète de 4 stères. On laisse refroidir l'appareil jusqu'à ce qu'il n'y ait plus à craindre que le charbon prenne feu au défournement ; celui-ci s'effectue par une porte pratiquée au bas du cylindre C.

Chaque stère de bois de sapin donne environ 220 kilogr. de

charbon et 5 hectolitres d'une eau acide et colorée, très-chargée de goudron, marquant 5° à l'aréomètre. Les gaz qui s'échappent se composent de 25 d'acide carbonique et de 75 de gaz combustibles (oxyde de carbone, hydrogène, hydrogène carboné et hydrogène bicarboné).

Acide acétique ou pyroligneux. — Les 5 hectolitres d'acide brut, purifiés par plusieurs distillations successives, donnent 40 kilogr. de goudron et 375 litres d'acide acétique encore impur, qui a reçu dans les arts les noms de *vinaigre de bois* et d'*acide pyroligneux*, qui rappellent son origine. On l'emploie dans cet état pour faire des acétates ou ce qu'on appelle vulgairement des *pyrolignites*.

On le purifie en le saturant d'abord au moyen de la craie qui le convertit en acétate de chaux soluble, et isole ainsi une grande partie des huiles et du goudron qu'il tenait en dissolution. L'acétate de chaux, concentré à 15°, est mêlé à une solution saturée de sulfate de soude; il résulte de leur réaction mutuelle du sulfate de chaux insoluble et de l'acétate de soude soluble. Ce dernier est décanté, évaporé et mis à cristalliser. Les cristaux obtenus sont très-colorés; on les torréfie légèrement dans une chaudière de fonte très-plate et évasée, afin de détruire le goudron, puis on dissout et on fait cristalliser.

Sur 100 kilogr. d'acétate de soude en gros cristaux blancs, placés dans un grand tonneau, on verse 31^{kil},3 d'acide sulfurique à 66° en une seule fois. A mesure que cet acide s'empare de la soude, l'acide acétique s'unit à l'eau que le premier abandonne, et après quelques jours de repos tout le sulfate de soude est déposé en petits cristaux anhydres, tandis que l'acide acétique surnage. On le soutire, et on le soumet à une distillation ménagée dans un alambic en cuivre chauffé par la vapeur au moyen d'un double fond; le chapiteau et le serpentin sont en grès ou en argent.

Les 4/5 de l'acide qui distillent ont une odeur agréable et la transparence de l'eau. Les derniers produits ont besoin d'être rectifiés une seconde fois sur un peu de charbon animal purifié.

C'est dans cet état qu'il est livré au commerce; il marque 7 ou 8° à l'aréomètre de Baumé, correspondant à 40° *acidimétriques*, ce

qui veut dire qu'au lieu de saturer 100 volumes de dissolution alcaline titrée, il n'en sature que 40.

Lorsqu'il est à son maximum de concentration et de pureté, sa densité est de 1, 065, ce qui correspond à 11° Baumé. C'est alors un acide monohydraté, représenté par la formule $C^4H^3O^3$,HO, qu'on écrit souvent aussi $C^4H^4O^4$. Il se prend en lames blanches très-brillantes au-dessous de + 16°.

Son odeur vive et pénétrante rappelle, à un degré exagéré, celle du vinaigre ordinaire, *acetum* des Latins, d'où l'on a fait le mot *acétique*. Les alchimistes l'appelaient *vinaigre radical*. Sa saveur est brûlante et il rougit le tournesol aussi fortement que les acides minéraux. Il entre en ébullition à 120° et distille sans altération.

Étendu d'eau et aromatisé convenablement, il forme un vinaigre de table très-agréable, qu'on a longtemps appelé *vinaigre de Mollerat*, du nom des frères Mollerat qui, les premiers, l'ont fabriqué en France et mis en vogue. Aujourd'hui la plupart des vinaigres de table sont produits de cette manière, ou au moins sont renforcés avec l'acide pyroligneux, ce qui n'offre aucun inconvénient.

L'acide acétique pur est donc un acide très-énergique, qui décompose les carbonates et sature très-bien les bases. Il est monobasique, d'où il suit que son équivalent d'eau de constitution est remplacé par l'équivalent de l'oxyde qui entre dans l'acétate. Les acétates neutres ont donc pour formule : $XO,C^4H^3O^3$.

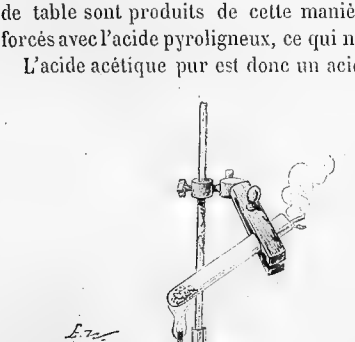


Fig. 251. — Essai des acétates au moyen de la potasse et de l'acide arsénieux.

Acétates ou pyrolignites. — Ces sels sont faciles à reconnaître parce qu'ils répandent immédiatement, par quelques gouttes d'acide sulfurique, l'odeur agréable et piquante de l'acide acétique, et parce que, chauffés dans un petit tube (*fig.* 251)

avec un peu de potasse caustique et d'acide arsénieux, ils répandent des fumées épaisses d'une odeur horriblement fétide. Ils sont, d'ailleurs, presque tous solubles.

Il est quelques-uns de ces acétates qu'on prépare en grand pour les besoins de l'industrie. Je vous en dirai quelques mots.

Le *sous-acétate de cuivre* $= (CuO)^2, C^4H^3O^3, 6HO$, ou acétate bibasique, est fabriqué à Grenoble et à Montpellier en stratifiant dans le coin d'une cave des lames minces de cuivre avec du marc de raisin qu'on laisse aigrir. Le métal est oxydé par l'air, et l'oxyde formé s'unit à l'acide acétique que renferme le marc, d'où résulte du vert-de-gris qui s'attache aux lames sous la forme d'une poussière grenue d'un bleu verdâtre. Au bout de 18 à 20 jours, on retire les lames et on en détache la couche de vert-de-gris, qu'on pétrit avec un peu de vinasse, et qu'on renferme dans des sacs de cuir pour l'expédier au loin. On l'emploie dans la peinture à l'huile et dans la teinture en noir sur laine[1].

En dissolvant ce vert-de-gris dans du vinaigre distillé bouillant,

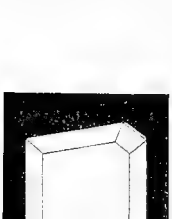


Fig. 232. — Forme cristalline de l'acétate de cuivre.

Fig. 233. — Forme cristalline de l'acétate de plomb.

et concentrant la liqueur, on obtient par le refroidissement de beaux cristaux d'un vert foncé, légèrement efflorescents (*fig.* 232);

[1] Il ne faut pas confondre le sous-acétate de cuivre avec le *vert-de-gris* qui apparaît à la surface des ustensiles de cuivre, des statues de bronze, des pièces de monnaie, par l'action seule de l'air humide, puisque ce dernier est un *hydro-carbonate de cuivre*.

c'est un acétate neutre $=CuO,\overline{A},HO$, plus connu sous les noms de *vert distillé, verdet cristallisé, cristaux de Vénus*. C'est avec lui qu'on prépare les liqueurs désignées par les artistes sous les noms de *vert d'eau, vert préparé*, qui servent au lavis des plans.

Il y a aussi deux *acétates de plomb :*

L'acétate neutre.	$PbO,\overline{A},3HO$.
L'acétate tribasique.	$(PbO)^3,\overline{A}$.

Le premier, qui porte encore dans le commerce les vieilles dénominations créés par les alchimistes : *sel de Saturne, sucre de Saturne* ou *de plomb*, s'obtient en dissolvant de la litharge dans de l'acide pyroligneux jusqu'à neutralisation, concentrant la liqueur jusqu'à 30° et mettant à cristalliser. Il se dépose de jolies petites aiguilles (*fig.* 233), blanches, satinées, brillantes, d'une saveur légèrement sucrée, puis astringente.

En faisant chauffer sa dissolution avec un excès de litharge, elle en dissout le tiers de son poids, et forme un *sous-acétate* incristallisable, qu'on nomme indifféremment *extrait de Saturne, extrait de Goulard;* les chirurgiens l'emploient journellement au lavage des plaies ; les chimistes l'utilisent dans l'analyse immédiate pour précipiter une foule de principes organiques.

L'*acétate d'alumine* $= Al^2O^3,3\overline{A},nHO$, si employé comme mordant dans les fabriques d'indiennes, est préparé sur place par double décomposition au moyen de l'alun et de l'acétate de plomb, préalablement dissous dans l'eau froide. Ces deux sels, en échangeant leurs bases et leurs acides, donnent du sulfate de plomb, qui se dépose en poudre blanche, et des acétates d'alumine et de potasse ou d'ammoniaque solubles qu'on emploie tels quels sous le nom de *mordant de rouge.*

On fait aussi, en grand, un *acétate de fer* pour les indienneurs et les teinturiers, en faisant digérer du vinaigre de vin ou de l'acide pyroligneux brut ou distillé sur des rognures de tôle ou de la vieille ferraille. Après un mois ou deux, le liquide d'un brun foncé est soutiré et livré au commerce, marquant 14 à 16° à l'aréomètre.

Esprit-de-bois ou **Alcool méthylique** — Un autre produit non moins intéressant que l'acide pyroligneux et qui l'accompagne toujours dans le liquide brut provenant de la distillation du bois,

c'est celui que l'anglais Taylor a découvert en 1812 et nommé *Esprit-de-bois*.

C'est un liquide très-fluide, incolore, d'odeur alcoolique, de saveur brûlante, bien plus léger que l'eau et très-volatil, puisqu'il bout à 66°,5. Il prend feu à l'approche d'une bougie et brûle avec une flamme d'un blanc bleuâtre. Il se mêle à l'eau et à l'alcool ordinaire en toutes proportions. Ses propriétés dissolvantes sont les mêmes que celles de l'esprit-de-vin. Toutes les actions oxydantes le convertissent en eau et en acide formique.

Sa manière d'être et sa constitution chimique en font un véritable alcool. En effet sa formule brute $C^2H^4O^2$, peut se transformer en celle-ci : $(C^2H^3)O+HO$, ce qui veut dire *hydrate d'oxyde de méthyle* ; C^2H^3, étant un radical binaire qui fonctionne à la manière de l'éthyle, C^4H^5, radical de l'alcool de vin. Voilà pourquoi *l'esprit-de-bois* est connu dans les laboratoires sous le nom d'*alcool méthylique*.

Comme il n'y a guère que 1/100e de cet alcool dans l'acide pyroligneux brut, il faut agir sur des masses de celui-ci quand on

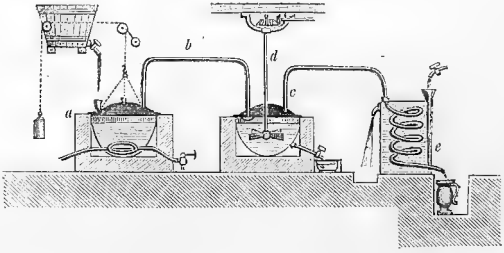


Fig. 234. — Extraction de l'esprit-de-bois.

veut l'isoler. On se sert alors de l'appareil suivant (*fig.* 234).

L'acide brut est distillé dans une chaudière en tôle *a* chauffée par un serpentin de vapeur. Tous les produits volatils sont reçus au moyen d'un tube *b* terminé en forme d'arrosoir dans une seconde chaudière *c*, contenant des proportions convenables d'eau, de chaux et de sulfate de soude ; un agitateur à palettes *d* fonctionne continuellement et favorise la réaction ; il se forme d'abord de l'acétate de chaux qui se transforme à mesure en acétate de soude

et en sulfate de chaux; on a soin de maintenir une légère alcalinité. On soutire le liquide trouble et on en sépare l'acétate de soude comme dans le procédé habituel.

Les composés volatils, non acides, ne séjournent pas dans la chaudière *c*, qui est maintenue à une température suffisamment élevée, et vont se rendre dans un serpentin refroidi, *e*, qui en opère la condensation. C'est dans le liquide sortant du serpentin que se trouve notamment l'esprit-de-bois. En rectifiant ce liquide sur de la chaux vive, jusqu'à ce qu'il ne se colore plus à l'air, on obtient l'alcool méthylique du commerce, marquant 95° à l'alcoomètre centésimal.

Comme, il est beaucoup moins cher que l'alcool de vin, on le substitue avec avantage à celui-ci dans la plupart de ses applications; sa plus grande volatilité le rend surtout très-propre à la fabrication des vernis. On le transforme en chloroforme par sa distillation sur du chlorure de chaux.

Goudron de bois. — C'est un produit très-complexe, puisqu'on y rencontre un certain nombre de carbures d'hydrogène, d'huiles oxygénées et de résines pyrogénées, d'acide pyrogallique, de l'ammoniaque et de l'acide acétique en excès.

Il diffère notablement du *goudron du commerce* qu'on obtient par la combustion lente, dans des fours grossiers en terre, des pins épuisés de térébenthine, qu'on abat et qu'on fend en éclats. Il en résulte un produit demi-liquide, d'un gris noirâtre, d'une odeur forte et désagréable, qui coule au bas du fourneau et de là dans des réservoirs extérieurs. Ce produit consiste en résine très-chargée d'huiles empyreumatiques, de charbon et d'acide pyroligneux.

Les goudrons de Suède, de Norwége et de Russie sont les plus estimés; mais celui qu'on prépare dans les landes de Bordeaux est tout aussi bon. On les emploie pour enduire les cordages, les voiles et les bois des navires.

Quant au goudron des fabriques d'acide pyroligneux, on en retire, par des distillations fractionnées, des huiles légères, des huiles lourdes, et de celles-ci, deux substances distinctes qui ont pris rang parmi les produits commerciaux sous les noms de *paraffine* et de *créosote*.

Paraffine. — C'est une matière solide, blanche et brillante,

grasse au toucher, inodore, insipide, ductile, qui brûle avec une flamme pure et blanche, sans répandre ni odeur, ni suie, et sans laisser de résidu ; aussi en fait-on des bougies fort belles, qu'il y a nécessité de durcir avec de la cire végétale ou de l'acide stéarique, afin qu'elles ne se déforment pas, car la grande fusibilité de la paraffine (+44°) met obstacle à son emploi sous ce rapport.

La composition de cette substance rend compte de sa combustibilité et de sa résistance à l'action de presque tous les agents chimiques. C'est un carbure d'hydrogène, $C^{54}H^{54}$, isomère par conséquent de l'hydrogène bicarboné C^4H^4.

On la retire surtout des huiles lourdes que fournit la distillation sèche de la tourbe et de certains schistes bitumineux, notamment du *boghead d'Écosse*, servant à la préparation des *huiles de schiste*.

Créosote. — Il n'y a aucune analogie entre cette nouvelle substance et la précédente. C'est en effet, un liquide oléagineux, incolore, d'une odeur pénétrante et désagréable, qui rappelle celle de la viande fumée, d'une saveur caustique et brûlante, d'une violente action toxique sur l'économie, insoluble dans l'eau, facilement soluble dans l'alcool, l'éther, l'acide acétique, ne se volatilisant qu'à + 205° et conservant encore sa forme à — 27°. Il est peu combustible et répand une flamme rutilante et très-fuligineuse.

Ce qui rend ce liquide précieux, c'est sa faculté de coaguler instantanément l'albumine et d'empêcher la corruption des matières animales ; de là le nom qu'on lui a donné et qui veut dire *conservateur de la chair*. C'est à sa présence dans la fumée, dans l'eau de goudron, dans l'acide pyroligneux brut qu'on rapporte, avec raison, les propriétés antiputrides de ces matières.

La créosote est représentée par la formule $C^{28}H^{10}O^4$.

Ce n'est, du reste, que depuis 1830 qu'on connaît la paraffine et la créosote, grâce au baron de Reichenbach.

DISTILLATION DE LA HOUILLE ET PRODUITS QUI EN DÉRIVENT.

Quatre sortes de produits dérivent de la distillation sèche de la houille en vases clos, à savoir: le *coke*, dont nous nous sommes déjà occupés, le *gaz d'éclairage*, les *eaux ammoniacales* et le *goudron*. Examinons successivement les industries qui les exploitent.

Éclairage au gaz. — L'art de l'éclairage au gaz a pris naissance en France, et c'est à Philippe Lebon qu'on en est redevable, car non-seulement il appliqua à la production de la chaleur et de la lumière les gaz qu'il obtenait par la distillation du bois, mais il se servit aussi pour le même objet des substances grasses et de la houille. Ses expériences à ce sujet datent de 1799 et il les poursuivit jusqu'en 1802, époque à laquelle il fut assassiné par une main inconnue.

Les Anglais, gens plus novateurs et moins timorés que nous en fait d'industrie, s'emparèrent des idées de notre malheureux compatriote, les rendirent pratiques, et, dès 1805, plusieurs usines de Birmingham, entre autres les ateliers de construction du célèbre Watt, étaient éclairés avec les gaz de la houille. C'est seulement en 1817 que Paris revit ce nouveau luminaire, qui était né dans ses murs dix-huit ans auparavant. Depuis lors, il a pénétré dans tous les pays.

De toutes les matières organiques, riches en carbone et en hydrogène, qui ont été successivement essayées, depuis Lebon, pour la production du gaz d'éclairage, c'est, en définitive, la houille qui le fournit à meilleur marché, attendu qu'elle laisse pour résidu un charbon qui couvre son prix d'achat.

On préfère généralement les houilles *demi-grasses*, parce que d'un côté les houilles *grasses* donnent trop de goudron et se distillent mal, et que de l'autre les houilles *maigres* fournissent peu de gaz et laissent un coke qui ne s'agglomère pas facilement. On choisit, dans tous les cas, celles qui contiennent le moins de *pyrites de fer*, afin d'avoir un gaz le moins chargé possible de composés du soufre.

Dans nos usines voisines des ports de la Manche, on se sert des houilles anglaises. Dans le Centre et dans une partie du Midi, on emploie les houilles du bassin de la Loire. Dans le Nord et à Paris, on consomme les houilles belges et celles du bassin de Valenciennes. Dans l'Est, on utilise les houilles de la Prusse.

Vous avez sous les yeux l'appareil actuel des fabriques (*fig.* 235).

Les cylindres ou *cornues* CC, dans lesquels on chauffe la houille, sont en argile réfractaire et disposés le plus habituellement au nombre de cinq dans un large fourneau en briques. La charge de

chacun dépasse rarement 100 kilogrammes et n'occupe que la

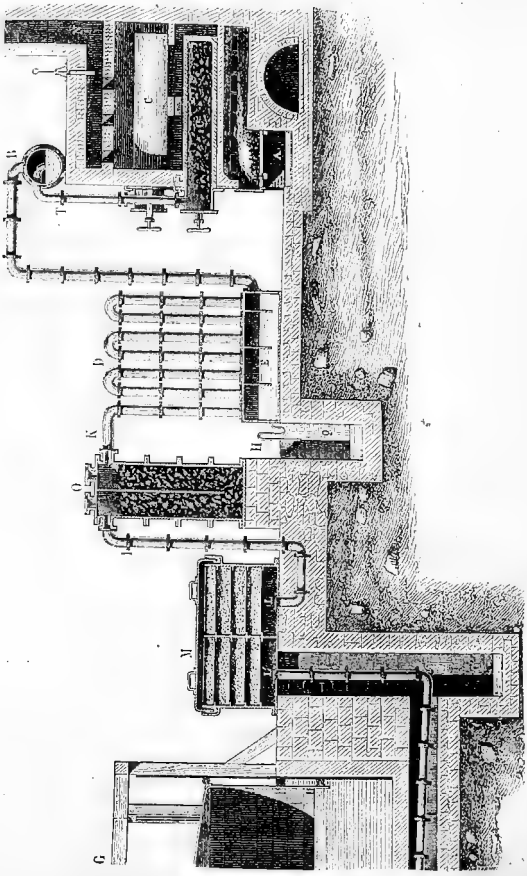


Fig. 253. — Appareil pour la production du gaz d'éclairage.

moitié de la capacité, attendu que le volume du coke produit est presque le double de celui de la houille.

A la partie antérieure des cylindres se trouve fixé, au moyen de

de boulons recourbés, une armature en fer qui porte le tuyau T destiné à l'écoulement du gaz; cette armature est fermée par un obturateur en fonte, maintenu dans une position fixe par une vis de pression.

On chauffe soit avec du coke, soit avec du goudron, et on élève peu à peu la température au rouge cerise vif, qu'on maintient pendant quatre heures. Les produits de la décomposition sont nombreux; ils se composent, en effet, d'hydrogène carboné, d'hydrogène bicarboné, de plusieurs carbures d'hydrogènes gazeux isomères des précédents, d'hydrogène, d'oxyde de carbone, d'acide carbonique, d'azote, d'hydrogène sulfuré, de sulfure de carbone, de sels ammoniacaux et de goudron, c'est-à-dire de nombreux carbures d'hydrogène solides et liquides plus ou moins volatils et odorants. Il reste dans les cornues, du coke en quantité d'autant plus grande que la houille distillée était moins bitumineuse.

On retire en moyenne, de 100 kilogrammes de houille concassée : 23 mètres cubes de gaz, 4 à 4^{kil}, de goudron et 1^{hect}, 66 de coke. Le tiers de ce dernier est consommé dans l'usine; les deux autres tiers sont vendus pour le chauffage domestique.

C'est vers le milieu de l'opération que le gaz est le plus éclairant, parce qu'il contient la plus forte proportion d'hydrogène carboné et bicarboné; à mesure que la distillation s'avance, son pouvoir éclairant diminue, tandis que son pouvoir calorifique augmente, en raison de l'oxyde de carbone et surtout de l'hydrogène libre qui apparaissent de plus en plus.

Le gaz de la houille, tel qu'il sort des cornues, ne pourrait immédiatement servir à l'éclairage. Son pouvoir éclairant serait trop faible, en raison de l'acide carbonique dont il est mêlé. Il obstruerait rapidement les tuyaux de conduite à cause du goudron et des huiles facilement condensables qu'il entraîne en suspension. Il a, d'ailleurs, une odeur infecte, une action fâcheuse sur l'économie; il attaque et noircit avec promptitude les dorures et les peintures dont la céruse est la base; il répand beaucoup de fumée en brûlant et il fait éprouver une altération sensible aux couleurs fraîches et délicates des tissus après sa combustion.

Ces différents effets sont dus principalement à l'ammoniaque, aux matières bitumineuses, au sulfure de carbone, mais surtout

à l'acide sulfhydrique. On est donc obligé de purifier ou d'*épurer* le gaz au sortir des cornues. Voici comment on y arrive.

Un long tuyau en fonte T, qui entre dans la tubulure antérieure de chaque cornue, conduit le gaz impur dans une premier vase ou cylindre horizontal en fonte ou en tôle, dit *barillet*, B, rempli aux deux tiers d'eau. Les produits les moins volatils s'y condensent en partie. De là, le gaz arrive dans un autre condenseur, dit *jeu d'orgue*, parce qu'il consiste en une série de tubes métalliques verticaux, offrant un grand développement D. Ces tubes, placés sur une caisse à compartiments E, condensent l'eau, les huiles, le goudron, les sels ammoniacaux qui ont échappé à l'action du barillet. Ces produits condensés s'écoulent du *jeu d'orgue* à mesure, au moyen d'un tube H, placé à la partie la plus basse de ce condenseur, et qui va plonger dans une fosse Q, destinée à les recevoir.

On complète cette épuration physique du gaz, en le dirigeant, à l'aide du tuyau K, dans un *épurateur* à coke à double compartiment, dont les ouvertures supérieures O permettent le chargement et le déchargement. Le gaz, ainsi divisé, abandonne les corps pyrogénés et l'ammoniaque qu'il contient; cette action est encore augmentée par l'écoulement d'un mince filet d'eau.

Reste à enlever au gaz, déjà bien amélioré, l'hydrogène sulfuré et l'acide carbonique dont il est souillé. Ici on fait intervenir une action chimique. Le gaz s'échappe par le tuyau I et arrive, en L, dans une caisse fermée M, à doubles compartiments garnis de claies superposées sur lesquelles se trouve de la mousse saupoudrée de chaux pulvérulente et humectée, ou un mélange de peroxyde de fer hydraté et de sulfate de chaux divisé par de la sciure de bois. Ces matières absorbent l'acide carbonique, l'hydrogène sulfuré et les dernières traces d'ammoniaque.

On reconnaît que l'épuration est bien faite, lorsqu'un papier imprégné d'un sel de plomb ne noircit pas par le contact du gaz.

Du *dépurateur chimique*, le gaz se rend, par le tuyau L' dans un vaste réservoir ou *gazomètre* G, grande cloche en tôle vernie, plongée dans un bassin rempli d'eau. Un tuyau en fonte, qui s'élève au-dessus de l'eau dans l'intérieur de ce gazomètre, conduit le gaz dans des tuyaux de distribution qui le transportent aux lieux de consommation.

La combustion du gaz s'effectue dans des becs à un seul jet et à

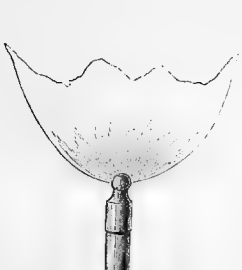


Fig. 236—Bec-éventail ou chauve-souris. Fig. 237.—Bec à double courant ou bec d'Argand.

simple courant d'air, comme ceux qu'on désigne sous le nom de *becs-évantails* (*fig.* 236), *becs Manchester*, et dans des becs à jets multiples et à double courant d'air, dont la flamme, étalée en nappe cylindrique et entourée d'une cheminée en verre, imite celle des lampes ordinaires à huile (*fig.* 237).

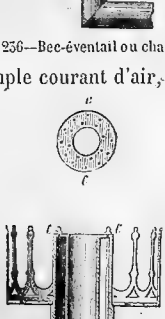


Fig. 238. — Coupe verticale du bec d'Argand.

Ce qui distingue ces derniers, c'est que l'extrémité du tube conducteur *a* se bifurque et amène le gaz dans un double cylindre creux *bb* (*fig.* 238), aboutissant à une petite couronne métallique ou mieux en porcelaine *cc* percée de trous circulaires dont le diamètre varie de 1/4 à 1/2 millimètre, et dont le nombre varie de 12 à 20. C'est par ces trous que le gaz se divise et sort d'une manière égale et

régulière. L'air destiné à le brûler, passe à la fois à l'extérieur et à l'intérieur de la couronne, ce qui le met ainsi en contact par un très-grand nombre de points.

Au moyen de cette disposition, la combustion du gaz est complète et il se trouve converti par l'oxygène de l'air en eau et en acide carbonique. Comme l'hydrogène brûle le premier, le carbone qu'il abandonne momentanément dans l'intérieur de la flamme donne à celle-ci un grand éclat. On accroît ce dernier et

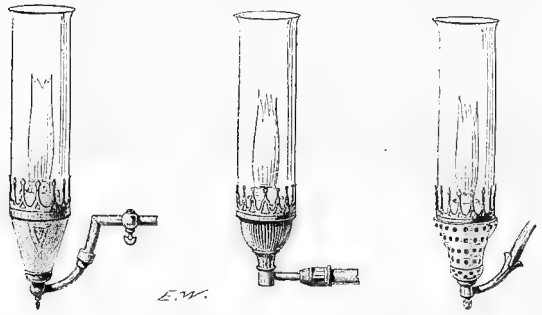


Fig. 259. — Bec d'Argand avec l'enveloppe Maccaud.

on rend la flamme moins vacillante en entourant la partie inférieure des becs, par laquelle arrive l'air nécessaire à la combustion, d'une gaze métallique très-fine ou d'une enveloppe de porcelaine percée de petits trous (*fig.* 259).

Voici les quantités de gaz que consomment par heure, avec une flamme de 8 centimètres de hauteur, les becs le plus généralement employés.

	Litres de gaz.
Bec ordinaire à 20 trous et à diamètre intérieur de 11mm.	121,2
id. revêtu de l'enveloppe Maccaud.	125
Bec à blanc, à 12 trous et de même diamètre.	138,7
id. revêtu de l'enveloppe Maccaud.	138
Bec anglais ordinaire à 15 trous et à diamètre intérieur de 17mm,.	140
Bec chauve-souris.	140
Bec Manchester.	150

En représentant par 100 le pouvoir éclairant de l'huile brûlée dans une bonne lampe de Carcel de 29mm,3 de diamètre,

Celui du gaz de l'éclairage est représenté par. . .	127
de la bougie de blanc de baleine.	14,40
de la bougie stéarique.	14,30
de la chandelle des 12 au kilogr.	10,66

C'est donc la lumière du gaz qui est la plus éclairante ; c'est aussi celle qui est la plus économique, la plus égale et qui offre le plus de sécurité.

Goudron de houille. — Le troisième produit dérivé de la houille, c'est le *goudron*, nommé fort improprement *bitume*, *coal-tar* par les Anglais. Il est très-fluide à la température ordinaire, noir, d'une odeur forte et désagréable. Sa composition est excessivement complexe, puisqu'on a pu en isoler, dans ces derniers temps, jusqu'à dix-neuf carbures d'hydrogène neutres, solides et liquides, dix alcaloïdes liquides et trois acides distincts, indépendamment de l'ammoniaque, du sulfhydrate et du carbonate de cette base et de quelques autres substances encore mal connues, se rapprochant des résines pyrogénées du goudron de bois.

Pendant fort longtemps, on a été embarrassé dans les usines à gaz de ce mélange nauséabond, mais aujourd'hui, grâce aux travaux d'Hoffmann, de Runge, d'Anderson, de Gerhardt et autres chimistes contemporains, l'industrie sait en retirer, par des distillations fractionnées successives, diverses espèces d'huiles ou carbures d'hydrogène avec lesquelles on prépare des vernis, des parfums et même de superbes couleurs pour la teinture. Ceci mérite de nous arrêter quelques instants.

Le goudron brut, purgé d'eaux ammoniacales autant qu'il est possible par le repos et la décantation, est distillé dans de grands alambics en tôle dont la contenance s'élève jusqu'à 20 000 litres. Trois heures après que le feu a été allumé sous la chaudière, arrivent des eaux ammoniacales mêlées d'huiles dont la proportion augmente peu à peu. Ces huiles sont plus légères que l'eau.

Si l'on arrête la distillation lorsque le goudron a perdu environ 25 pour 100 de son poids, le produit distillé forme ce qu'on appelle les *huiles légères*, dont le point d'ébullition atteint à peine 200° et dont la densité moyenne est de 15° Cartier environ à la température ordinaire. Ce qui reste dans la chaudière est ce qu'on nomme le *brai gras*.

Si l'on poursuit la distillation sur ce résidu, il passe dans les récipients des *huiles lourdes*, avec deux carbures solides (*naphtaline* $C^{20}H^{8}$ et *paranaphtaline* $C^{50}H^{12}$), et il reste dans la chaudière ce qu'on nomme le *brai sec*.

100 de goudron donnent, en moyenne :

Eaux ammoniacales.	2,5	
Huiles légères à 15° Cartier. . . .	8,0	
Huiles lourdes.	15,0	= brai gras.
Brai sec.	75,0	

Le *brai gras* est employé directement pour l'agglomération des menus de houille dont on forme ainsi des cubes ou des cylindres durs, dits *agglomérés*, qui servent au chauffage des locomotives. En lui associant de la craie et de l'argile, à chaud, on en fait d'excellent mastic, un enduit sous les carrelages, on en recouvre les tuyaux dits *bitumés*. Avec des ocres et de l'huile lourde, on en compose une peinture d'extérieur pour conserver les poteaux, pieux, palissades, traverses de bois, ferrures, fonte, objets en tôle. Enfin, après l'avoir uni à la résine commune, on l'emploie, sous le nom de *black-vernis*, à calfater et enduire la coque des navires.

Le *brai sec*, qui devient très-dur par le refroidissement, est consommé en très-grande partie pour la fabrication des *agglomérés*. L'asphalte, dont on forme les trottoirs, se compose de sable et de pierre concassées, englobés dans ce brai au moyen de la chaleur. En faisant passer du crin ou de l'étoupe, entre des laminoirs chauffés, dans un bain de brai ramolli par du bitume et de l'huile, puis soumettant ces nappes à une forte pression pour rendre le tout compacte et imperméable, on confectionne des couvertures de toits économiques et plus légères que la tuile, l'ardoise, etc.

Les *huiles lourdes* servent pour l'éclairage extérieur, au moyen de lampes à courant d'air forcé, de l'invention de M. Donny, professeur de chimie à Gand. On les applique à la dissolution du caoutchouc et de la laque pour composer la *glu marine*. Décolorées, elles entrent dans les peintures et vernis communs. Les plus denses de toutes sont vendues comme *graisses* de voitures et de machines, ou bien on les brûle lentement de façon à produire jus-

qu'à 15 pour 100 de leur poids de noir très-fin, dit *noir de lampe*. On en extrait aussi la paraffine qu'elles contiennent.

Le produit le plus important de la distillation du goudron, réside dans les *huiles légères*, mélange de différents hydro-carbures de volatilité différente, d'où, par des distillations fractionnées, l'on parvient à isoler :

1° Des essences bouillant depuis 39 jusqu'à 86°, et constituées surtout par de la *benzine* $C^{12}H^6$, qui sert à la fabrication de la *nitro-benzine*. C'est le *naphte n°* 1 du commerce ;

2° Des huiles distillant depuis 100 à 150°, qui, après une purification convenable, prennent le nom de *naphte n°* 2 ou de *benzine à dégraisser ;*

3° Enfin des huiles bouillant de 150 à 200°, contenant, outre plusieurs hydro-carbures, deux produits intéressants, l'*acide phénique* et l'*aniline*, devenus depuis quelques années des substances commerciales d'une grande valeur.

Voyons le parti qu'on a su tirer de ces nouvelles conquêtes scientifiques.

. . . . . .

Acide phénique. — Cet acide, désigné aussi dans le commerce sous le nom de *phénol*, est ordinairement sous la forme d'une huile de couleur brune ; mais, après purification, il se présente en longues aiguilles incolores, qui tachent le papier à la manière des corps gras, et n'ont aucune action sur les couleurs. Il fond vers 34 à 35° et bout entre 187 et 188°. Il est très-soluble dans l'alcool, l'éther, et peu soluble dans l'eau, bien que la moindre trace le liquéfie.

Il attaque fortement la peau des lèvres et des gencives. Sa solution aqueuse coagule l'albumine, préserve les matières animales de la putréfaction et leur enlève la mauvaise odeur, si elles sont déjà corrompues. Il se rapproche singulièrement de la créosote sous ce rapport. C'est maintenant l'agent antiseptique le plus employé ; c'est avec lui qu'en Angleterre on désinfecte la cale des navires, qu'on assainit les étables, les boucheries, les wagons destinés au transport des bestiaux, les morgues où l'on expose les cadavres, etc.

Mais sa principale application est la préparation de l'*acide picrique* dont l'art du teinturier s'est emparé, en raison de la belle couleur jaune qu'il communique aux tissus animaux.

Acide picrique. — Vous vous rappelez, certainement, que l'acide azotique a la propriété de tacher en jaune la peau, la laine, la soie; eh bien, la cause de ces taches, c'est la production de cet acide spécial, que Thenard nomma *acide picrique*, du mot grec *picros*, amer, pour rappeler son excessive amertume.

Dans les fabriques de produits chimiques, on l'obtient de la manière suivante :

Dans de grands ballons en verre B (*fig.* 240) placés dans des bains de sable A, on introduit de l'acide azotique à 36°, et on y

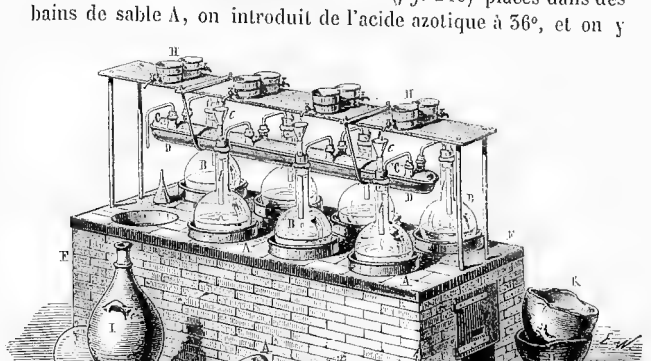


Fig. 240. — Appareil pour la préparation de l'acide picrique.

ait tomber goutte à goutte de l'acide phénique brut, renfermé dans des réservoirs en bois H, dont les robinets sont placés au-dessus des entonnoirs *ee*, qui surmontent de larges tubes T, entrant dans l'intérieur de chaque ballon. Une partie d'acide phénique exige six parties d'acide azotique pour sa transformation; celle-ci est accompagnée d'une réaction très-vive, qui donne lieu à un dégagement considérable d'acide carbonique et de bioxyde d'azote. Ceux-ci sont dirigés dans l'eau d'un réservoir en grès C, soutenu par un support en métal D. Ce qui échappe à la condensation se rend dans une cheminée commune.

Lorsque l'effervescence est calmée, on fait bouillir le liquide

des ballons et on l'amène à la consistance d'un sirop, qu'on met ensuite à cristalliser. Le produit obtenu est purifié par de nouvelles cristallisations.

On a alors de beaux prismes transparents, d'un jaune citron clair, peu solubles dans l'eau froide, mais très-solubles dans l'alcool.

Cet acide dérive de l'acide phénique par oxydation, comme on le reconnaît par l'équation suivante :

Acide phénique. Acide azotique. Acide picrique.

$$C^{12}H^{6}O^{2} + 3AzO^{5},HO = 6HO + C^{12}H^{3}(AzO^{4})^{3}O^{2};$$

D'où vous voyez que l'acide phénique, en échangeant la moitié de son hydrogène contre une quantité équivalente d'acide hypoazotique, passe à l'état d'acide picrique.

Vous ne serez donc plus surpris d'apprendre que les *picrates*, tous colorés en jaune, détonent lorsqu'on les expose à une certaine température.

L'acide picrique jouit d'un pouvoir colorant tellement prononcé, qu'il n'en faut que $6^{gr},84$ pour teindre en jaune paille 1 kilogramme de soie, et seulement $3^{gr},75$ pour 1 kilogramme de laine en beau jaune citron. Malheureusement ces nuances, obtenues sans le secours des mordants, ne sont pas d'une grande solidité ; elles sont néanmoins très en faveur. On fait aussi des *verts-printemps*, d'une excessive fraîcheur, avec le carmin d'indigo et le picrate de soude.

Une autre matière colorante dérivée de l'acide phénique, c'est celle que Runge a obtenue en faisant réagir à chaud, et en présence de l'air, la chaux éteinte et la potasse concentrée sur cet acide. Au bout de quelques heures, si l'on traite le mélange par l'eau et qu'on le neutralise par l'acide chlorhydrique, on en précipite une belle matière colorante rouge qu'on nomme acide *rosolique*. Elle fournit avec certains mordants des couleurs et des laques aussi belles que celles de la garance et de la cochenille.

Benzine. — Maintenant que la benzine est devenue un agent industriel, on l'extrait en grand des huiles légères de goudron qui marquent 25° Cartier et qui distillent au-dessous de 100°. Dans ce cas, elle retient toujours une odeur de fumée ou de goudron.

On la purifie, en la soumettant à des lavages alternatifs avec l'acide sulfurique et l'eau de soude, la distillant plusieurs fois au bain-marie, et recueillant à part tout ce qui passe au-dessous de 80°, ne considérant comme *benzine* que ce qui distille entre 80 et 86°. Tant que le produit se colore en brun par le contact de l'air ou de la lumière, ou par son mélange avec l'acide sulfurique, c'est une preuve qu'il renferme encore des matières étrangères.

Nitro-benzine — C'est surtout en vue de la production de la *nitro-benzine*, et par suite de celle de l'*aniline*, que la benzine est maintenant recherchée. Vous vous rappelez, sans doute, que la première de ces substances est le résultat de la réaction de l'acide azotique sur la benzine à une basse température, et que dans cette réaction la benzine, en perdant un équivalent d'hydrogène, gagne à la place un équivalent de vapeur nitreuse, ce que montre l'équation suivante :

Benzine.		Acide azotique.		Nitro-benzine.		
$C^{12}H^6$	+	AzO^5,HO	=	$C^{12}H^5(AzO^4)$	+	$2HO$.

Comme l'acide azotique fumant, en réagissant sur la benzine, produit un dégagement de chaleur, par suite, une perte d'acide et la formation de vapeurs rutilantes, on remédie autant que possible à ces inconvénients en n'effectuant le mélange des matières que par très-petites portions à la fois et en refroidissant à mesure.

Dans les grandes usines de Paris, où l'on ne traite pas moins de 15 millions de kilogr. de goudron pour en obtenir la benzine rectifiée destinée à la fabrication de la nitro-benzine, on opère dans des vases cylindriques en fonte de $1^m,10$ de hauteur sur 70 centimètres de diamètre, entourés d'une enveloppe de tôle remplie d'eau froide. Chacun de ces vases reçoit 46 kilogr. de benzine, et, dans l'espace de douze heures, 108 kilogr. d'un mélange de 60 kilogr. d'acide azotique fumant et 48 kilogr. d'acide sulfurique à 66°. Pendant que ce mélange tombe dans la benzine au moyen d'un tube en S, un agitateur mécanique en opère une égale répartition dans toute la masse. Les vapeurs qui proviennent de la réaction sont dirigées dans une colonne à coke, semblable à celles des fabriques d'acide sulfurique, et de là dans une grande cheminée.

La nitro-benzine produite est soutirée des vases de fonte dans

un réservoir en grès, et purifiée par des lavages à l'eau. Quand elle doit être livrée au commerce comme *essence de mirbane*, on la soumet d'abord à des lavages alcalins et ensuite à des lavages à l'eau pure.

Aniline. — La plus grande partie de la nitro-benzine sert depuis 1856 à préparer l'*aniline*, alcaloïde liquide, non azoté qui apparaît dans la distillation sèche des matières animales, de la houille, de l'indigo (*anil* en portugais).

Ce n'est pas en sa qualité de corps alcalin que l'*aniline* est devenue un produit industriel d'une haute importance, mais parce que, sous l'influence des agents oxydants et de certains agents réducteurs, elle donne lieu à de magnifiques couleurs violettes, bleues, rouges de toutes nuances, qui ont véritablement révolutionné l'art de la teinture.

La conversion de la nitro-benzine en aniline s'effectue au moyen du fer et de l'acide acétique, dans les circonstances suivantes. On mélange dans un cuvier 100 de nitro-benzine, 100 d'acide et 200 de tournure de fer bien décapée. La masse s'échauffe, s'épaissit, se boursoufle; lorsque la réaction est terminée, on introduit le tout dans une cornue de fer, et l'on distille les 3/4 du liquide ; on verse alors dans la cornue un lait de chaux très-épais, et l'on chauffe à siccité tant qu'il passe des produits à la distillation. On ajoute à ceux-ci un excès d'hydrate de chaux en pâte. L'aniline hydratée se sépare et vient sous forme d'huile brune nager à la surface ; on l'isole et on la purifie par la distillation.

L'équation suivante permet de comprendre la métamorphose de la nitro-benzine en aniline :

Nitro-benzine. Sesquioxyde de fer. Aniline.

$$C^{12}H^5AzO^4 + 2HO + 4Fe = 2(Fe^2O^3) + C^{12}H^7Az.$$

Vous voyez donc que sous l'influence de l'acide acétique, le fer s'oxyde aux dépens de la nitro-benzine et de l'eau, tandis que l'hydrogène de celle-ci, en se fixant sur la première, la change en aniline.

Incolore quand elle est pure, cette base a une odeur vineuse, une saveur brûlante ; elle bout à 182°, est à peine soluble dans l'eau, très-soluble au contraire dans l'alcool et l'esprit-de-bois, et forme des sels cristallisés avec les principaux acides.

Violet d'aniline. — Si à 100 de sulfate d'aniline qu'on dissout dans l'eau froide, on ajoute 33 de bichromate de potasse également en solution, et qu'on laisse en contact pendant dix à douze heures, il se dépose peu à peu une belle matière colorante violette en mélange avec une matière brune résineuse. On enlève cette dernière au moyen des huiles légères de goudron, et on traite le résidu par de l'esprit-de-bois ; on filtre et on évapore à siccité dans une cornue au bain-marie.

La matière sèche est en petits cristaux d'un vert d'or métallique comme les élytres de la cantharide ; c'est le *violet d'aniline* ou *indisine*, qui donne à la laine et à la soie, sans le secours d'aucun mordant, des nuances pourpres, violettes et lilas, d'un magnifique éclat ; on délaye la couleur dans l'eau chaude et on y passe les tissus pendant vingt à vingt-cinq minutes ; on lave ensuite.

Rouge d'aniline. — Si au lieu de soumettre l'aniline à une action oxydante, on la traite à chaud par un corps réducteur, bichlorure d'étain anhydre, bichlorure de mercure, azotate de protoxyde de mercure, etc , on la change en une belle couleur rouge qui a reçu le nom de *fuchsine*. Pour 100 d'aniline, on emploie, par exemple, 68 de bichlorure d'étain, qu'on chauffe pendant vingt-cinq à trente minutes à une température de 200° dans une marmite de fonte émaillée. Après refroidissement, on traite la matière épaissie par l'eau bouillante ; on filtre et en ajoutant au liquide un excès de sel marin, on fait déposer la *fuchsine* à l'état solide, parce qu'elle n'est pas soluble dans les dissolutions salines.

Ce rouge d'aniline est en paillettes d'un vert métallique éclatant. Il communique à tous les liquides neutres sa belle couleur. Il donne à la laine et à la soie toutes les nuances du rouge le plus pur sans le secours d'aucun agent ; mais il ne colore le coton qu'autant qu'il a été albuminé.

Bleu d'aniline. — On obtient des bleus de diverses nuances en chauffant entre 150 et 155° des proportions variables de fuchsine et d'aniline. Au bout de quatre à trente heures, on jette la matière dans l'eau chaude où elle se solidifie ; on la broie ensuite avec de l'acide chlorhydrique concentré, on la lave à l'eau et enfin on la dissout dans l'alcool ou l'esprit-de-bois. On a ainsi, soit le *violet impérial*, soit le *bleu de Lyon*.

En chauffant à 180° un mélange de 5 d'acide azotique et de 6 à 8 d'aniline, on donne naissance à un autre bleu, dit *bleu Guinon* ou *azuline*.

Toutes ces matières colorantes donnent avec les tissus animaux des nuances bleues d'une remarquable pureté, et leur richesse est si grande, qu'il n'en faut que très-peu pour les produire. Il n'y a que sur coton qu'il faille recourir à l'intervention des mordants pour les fixer.

Si, aux couleurs précédentes, vous ajoutez une belle matière jaune la *chrysaniline*, un *vert émeraude* de toute beauté qu'il conserve à la lumière artificielle, un *noir* d'aniline qui l'emporte par son intensité et sa solidité sur les noirs anciennement connus, vous comprendrez quels services immenses la chimie a rendus à l'industrie en lui donnant les moyens de retirer tant d'agents précieux d'un produit sans valeur à l'origine de sa production : essences incolores, parfums, antiseptiques, matières tinctoriales, dont les prix réunis dans le petit tableau suivant vous donneront une idée de ce que fait la science industrielle pour l'accroissement de la richesse publique :

Noms des produits.	Prix approximatif par kil.	Noms des produits.	Prix approximatif par kil.
Goudron	8 à 10 c.	Acide picrique en pâte	8 à 10 fr.
Différents brais	6 à 9 c.	— cristallisé	30 à 35 fr.
Huiles lourdes brutes	6 à 8 c.	Nitro-benzine	10 à 12 fr.
id. décolorées	25 à 30 c.	Aniline	30 fr.
Benzine pure commerciale	1 à 1 fr. 30	Violet d'aniline en pâte	70 à 80 fr.
— à dégraisser, N° 1	1 fr. 10 c.	— liquide	10 fr.
— — N° 2	90 c.	— pure en poudre	3 à 4000 fr.
— — N° 3	50 c.	Fuchsine liquide	60 à 80 fr.
Acide phénique brut	2 fr.	— pure en poudre	4000 fr.
— cristallisé	3 fr.		

Traitement des eaux ammoniacales. — Afin d'achever ce qui a trait à l'utilisation des produits dérivés de la houille, j'ai encore à vous parler des *eaux ammoniacales* qui se trouvent dans le barillet, dans la caisse du jeu d'orgue et dans les réservoirs à goudron. Ces eaux, de même que les produits liquides de la distillation des os, les urines pourries ou les *eaux vannes* des dépôts de vidange, sont exploitées pour l'extraction de l'ammoniaque ou la

fabrication des sels ammoniacaux demandés par le commerce, c'est-à-dire le sulfate et le chlorhydrate.

Dans ces eaux ammoniacales qui marquent, terme moyen, 2° à l'aréomètre, l'alcali est saturé par les acides carbonique, sulfhydrique, cyanhydrique, sulfo-cyanhydrique et chlorhydrique. Il y a deux manières distinctes de les traiter.

Tantôt, comme en Angleterre et ailleurs, on les sature, dans de grandes cuves en bois, par de l'acide sulfurique ou chlorhydrique de manière à décomposer les différents sels ammoniacaux et à ramener l'alcali à l'état de sulfate ou de chlorhydrate. Tous les acides gazeux ou volatils se dégazent; le goudron et autres corps étrangers tombent au fond des cuves. On tire à clair les liqueurs et on les concentre à feu nu jusqu'à pellicule ; on les abandonne ensuite à la cristallisation. On obtient ainsi des sels amoniacaux plus ou moins colorés.

Tantôt, comme en France, on chasse des eaux de condensation l'alcali volatil qui s'y trouve en les chauffant avec un lait de chaux dans un appareil clos, ainsi que M. Mallet l'a indiqué le premier. Le gaz alcalin, après avoir été purifié par des passages successifs à travers de l'huile d'olive, de la lessive de soude et de l'eau distillée, est dirigé, en dernier lieu, dans un vaste réservoir en plomb contenant de l'eau et des acides, suivant que l'on veut avoir de l'ammoniaque caustique ou un sel ammoniacal.

L'ammoniaque liquide ainsi obtenue est toujours un peu colorée et conserve une odeur qui rappelle son origine; cela n'empêche pas son emploi dans l'industrie.

Quand c'est du sulfate ou du chlorhydrate qu'on a produit dans le réservoir en plomb, on soutire les liqueurs salines dans une cuve en fonte doublée de plomb, où on les concentre jusqu'à pellicule pour les mettre ensuite à cristalliser. Il en résulte des petits cristaux irréguliers et blancs qu'on fait égoutter et qu'on sèche à une douce chaleur.

La plupart du temps on donne au chorhydrate la forme de *pains* hémisphériques, comme était le sel ammoniac qui venait autrefois d'Égypte. On a alors recours à la sublimation dans des matras ou pots pyriformes en grès, qu'on remplit à moitié.

Ces pots, recouverts de lut argileux, sont placés sur les deux côtés d'un long fourneau de galère (*fig.* 241), et reposent sur une

voûte qui les préserve de l'action trop directe du feu. Le foyer communique avec un canal qui conduit les produits de la combustion sous des chaudières d'évaporation ; des ouvertures permettent à la flamme de traverser cette voûte et de venir lécher la surface extérieure des pots. La partie supérieure de ceux-ci, où doit s'attacher le sel ammoniac sublimé dans le bas, est préservée de la

Fig. 241. — Appareil pour la fabrication du sel ammoniac en pains.

flamme par une plaque de fonte percée d'orifices dans chacun desquels passe le goulot d'un matras; on met sur cette plaque une couche de cendre, qui a pour but de préserver les pots du contact immédiat de l'air froid.

On chauffe progressivement et régulièrement, et, lorsque l'humidité du sel a été expulsée, on recouvre chaque pot d'un petit vase renversé; le sel ammoniac se réduit en vapeurs, celles-ci se condensent à la partie supérieure sous la forme d'une poudre fine qui s'agglomère et s'attache aux parois des vases.

Lorsqu'on reconnaît que la couche de sel est assez épaisse, on cesse le feu, on enlève les cendres qui entourent les pots, puis, après quelques heures de repos, on ôte ceux-ci et on les brise pour détacher les pains de sel sublimé.

Ces pains ont environ 33 centimètres de diamètre, et 9 à 10 centimètres d'épaisseur au centre. Ils pèsent de 9 à 11 kilogrammes. Ils sont parfaitement blancs.

Dans les grandes exploitations, on remplace les matras ou les pots par de grandes chaudières hémisphériques en tôle, de 1 à 3 mètres de diamètre, pouvant contenir de 800 à 1200 kilogrammes de charge. On ajoute ordinairement un peu de suie au sel qu'on doit sublimer, afin que les pains soient colorés et ressemblent plus complétement aux pains importés de l'Égypte.

CHAPITRE IV

PRODUITS DÉRIVANT DE LA DESTRUCTION OU DE LA MÉTAMORPHOSE DES MATIÈRES ORGANIQUES PAR LA FERMENTATION.

Les phénomènes de décomposition spontanée qu'éprouvent les matières organiques abandonnées à elles-mêmes, phénomènes connus sous les noms de *fermentations*, donnent lieu à d'intéressants et d'utiles produits, dont il est au moins nécessaire de connaître les principaux. Le pain, les boissons alcooliques ou vineuses, l'eau-de-vie et les esprits, les vinaigres, le tabac, voilà certes des matières dont il est aussi curieux qu'indispensable de savoir le mode d'obtention.

GRAINES CÉRÉALES. — FARINE. — PAIN.

Malgré la diversité des mœurs, les différences apportées par les climats et les habitudes dans le mode d'alimentation des peuples, il y a un aliment dont la préparation est toujours à peu près restée la même depuis des siècles; c'est le *pain*, confectionné partout avec les farines des céréales, et notamment avec la farine du froment.

Graines céréales. — Les graines céréales, et par suite les poudres ou *farines* qu'on en obtient par la mouture, sont principalement constituées par de l'amidon, auquel se trouvent associés, en proportions variables, du gluten, de l'albumine, de la gomme ou dextrine, du glucose, une matière grasse butyreuse, des phosphates de chaux et de magnésie, des sels de potasse, de la silice, du soufre et enfin de la cellulose ;

C'est-à-dire que ces graines contiennent réunies les quatre classes de principes (substances azotées, non azotées, grasses et minérales) qui constituent les aliments complets, et cela dans les

proportions et dans l'état le plus convenable à leur utilisation et à leur assimilation. L'absence de saveur bien caractérisée dans la plupart de ces graines et leur convenance pour la panification, contribuent encore à la généralité de leur emploi.

Voici, dans quelles proportions, pour chaque espèce de graines, se trouvent les différentes substances énumérées plus haut :

	EAU.	MATIÈRES AZOTÉES.	AMIDON.	DEXTRINE ET SUCRE.	MATIÈRES GRASSES.	CELLULOSE.	MATIÈRES MINÉRALES.	AZOTE SUR 100.
Blé, en moyenne..	14,00	14,00	59,7	7,2	1,2	1,7	1,6	2,15
Seigle.	16,60	9.00	57.5	10,0	2,0	3,0	1,9	1,38
Orge d'hiver. . . .	15,00	13,40	54,9	8,8	2,8	2,6	4,5	2,06
Avoine..	14,00	11,90	55,6	7,9	5,5	4,1	3,0	1,83
Maïs..	17,70	12,80	58,4	1,5	7,0	1,5	1,1	1,97
Riz, en moyenne..	14,41	6,455	77,748	»	0,427	0,5	0,68	0,99
Millet, id	15,86	11,07	»	»	2,95	»	3,05	1,70

Ce tableau vous apprend que, de toutes les graines céréales, c'est le blé qui est le plus riche en substances azotées, et par conséquent le plus nourrissant ; tandis que le riz occupe le dernier rang, par sa pauvreté en principes azotés, en matières grasses comme en sels minéraux. Ce fait vous explique pourquoi, lorsqu'on mange le riz seul, il y a nécessité d'en ingérer un volume énorme pour se nourrir suffisamment.

De ces graines, trois seulement servent à faire le pain : le blé d'abord, puis le seigle et l'orge. Les autres ne peuvent être mises sous cette forme, parce qu'elles ne donnent que des galettes lourdes et compactes, faute du principe élastique, nommée *gluten*, qui communique aux farines des trois premières la propriété de faire avec l'eau et du froment une pâte susceptible de lever ou de se boursouffler par la fermentation [1].

Dans tous les pays riches, c'est surtout le blé qui sert à la nour-

[1] Il n'est pas inutile de vous apprendre :

Que le nom de *blé* vient de *bleud*, qui veut dire *moisson* en langue celtique;

Que celui de *froment* dérive de *ffurment*, autre désignation celtique, laquelle provient de *ffeur*, voulant dire *gerbe* dans la même langue, d'après Théis, d'où l'on a tiré l'expression *fourrage*.

Quant au nom latin du blé, *triticum*, il dérive, selon Varron, du participe *tritum*, battu, de l'usage de battre les épis pour en faire sortir le grain.

riture de l'homme. On ne connaît pas moins de 1700 variétés de

Fig. 242. — Blé dur ou aubaine de Tangarok.

Fig. 243. — Blé demi-dur dit Poulard carré.

cette précieuse céréale. Sous le rapport de leurs qualités alimen-

taires et économiques, on peut les répartir en trois grandes classes, à savoir : les *blés durs*, les *blés demi-durs* et les *blés tendres*.

1° Les *blés durs*, qui croissent surtout dans les climats chauds (Amérique méridionale, Asie, Afrique, Sicile, etc), donnent des grains lourds, durs, cassant sous la dent, d'aspect corné, translucides dans toute leur masse, du poids de 80 à 82 kilogr. à l'hectolitre. Ils rendent 82 à 83 pour 100 de farine, plus jaunâtre que celle des autres blés.

La figure 242 représente une des meilleures variétés de cette classe, qu'on préfère pour la fabrication des premières qualités de vermicelles, macaronis, lazagnes et autres pâtes d'Italie.

2° Les *blés demi-durs*, désignés dans le commerce sous les noms de *blés mitadins*, *blés glacés*, très-répandus dans le midi de la France, dans le Soissonnais et la Champagne (*fig.* 243), fournissent des grains reconnaissables à la blancheur, à l'opacité et à l'apparence farineuse de leur partie centrale, tandis que l'extérieure est cornée et translucide comme les précédents. Ces grains pèsent 78 à 80 kilogr. à l'hectolitre, et ils rendent 77 à 78 p. 100 de farine.

Fig. 244.— Blé d'hiver commun.

Ce sont ces blés qu'on emploie dans le système particulier de mouture dite *à gruaux blancs*, qui fournit d'une part, les belles farines à pains de fantaisie (pains de gruaux, pains viennois, etc.), et laisse, d'autre part, des farines grisâtres, plus riches, vendues aux vermicelliers.

3° Les *blés tendres* ou *blancs*, qui sont généralement les plus cultivés dans la partie septentrionale de la France, en Angleterre, en Russie (*fig.* 244), ont des grains caractérisés par leur aspect farineux, blanchâtre dans toute la masse, leur légèreté, la facilité avec laquelle ils s'écrasent sous la dent ; ces grains ne pèsent que 75 kilogr. à l'hectolitre ; ils rendent de 72 à 73 pour 100 d'une farine plus blanche que celle des précédents. — Les amidonniers leur accordent souvent la préférence parce qu'ils en obtiennent plus facilement et plus abondamment de l'amidon de première qualité.

Les blés des trois classes sont loin d'avoir la même richesse en gluten et en albumine, ces deux matières si azoteés que M. Jules Reiset appelle avec raison de la *viande végétale :* c'est ce que vous allez voir par les chiffres suivants :

	Matières azotées sur 100.
Blés durs.	de 18 à 22
demi-durs.	de 15 à 18
tendres	de 10 à 13,5

Ainsi les blés *tendres* ou *blancs* contiennent un tiers de moins de *viande végétale* ou de principes azotés plastiques que les blés *demi-durs*, et moitié moins, à peu de chose près, que les blés *durs*.

Il semble, d'après cela, que les derniers devraient être préférés à tous les autres pour la confection du pain; mais, comme on est obligé de les mouiller pour les moudre, qu'ils donnent une farine jaune, rude, résistante, qui se panifie difficilement, les meuniers et les boulangers leur préfèrent les blés *tendres* ou *blancs*, parce qu'avant tout il s'agit de satisfaire au préjugé du consommateur, qui veut du pain très-blanc, qu'on est convenu de regarder comme *pain de première qualité*, bien qu'il soit moins substantiel et moins réparateur que le pain légèrement bis fait avec la farine de blés durs.

Ceci entendu, occupons-nous spécialement de la farine et du pain.

Farines. — La *farine*, c'est le grain de blé débarrassé de ses enveloppes corticales et réduit en poudre, au moyen du moulin et du blutage. La partie ligneuse, qu'on isole de la farine, est connue sous le nom de *son*. On dit qu'une farine est blutée à 10, à 15, à 20, à 25 pour 100 quand, par le blutage, on a retiré de 100 kilogr. de grain moulu, 10, 15, 20 ou 25 kilogr. de son. En France, la farine, pour le pain de première qualité est blutée à 25 pour 100; pour le pain militaire, on blute à 20 pour 100.

Comme le grain de blé ne contient jamais plus de 2 1/2 à 3 pour 100 de cellulose, il est bien évident que le *son* des meuniers contient beaucoup de matières utiles dont on prive la farine; aussi l'on peut dire que si le blutage à 25 pour 100 contribue à la beauté du pain, en revanche il appauvrit singulièrement sa qualité alimentaire.

Il ressort donc de là que le pain fait avec des farines moins bien blutées et dans lesquelles, par conséquent, on laisse davantage de son, comme dans le pain de munition, le pain cuit dans les fermes, est plus nutritif que le pain blanc de première qualité.

La farine de bonne qualité est d'un blanc jaunâtre, d'une odeur et d'une saveur spéciales, *sui generis*, comme on dit, quand on ne sait comment définir ses propriétés. Elle est d'un éclat vif, sans points rougeâtres, gris ou noirâtres. Elle est douce au toucher, sèche, pesante; elle adhère aux doigts et forme une espèce de pelote quand on la comprime dans la main.

Malaxée avec de l'eau, elle en prend environ le tiers de son poids et forme une pâte longue, c'est-à-dire très-élastique, s'étendant facilement en couches unies. Cette élasticité de la pâte est un des caractères les plus importants, car la farine est d'une qualité d'autant plus inférieure que la pâte est plus courte.

Elle ne donne par la calcination que 8 à 9 centièmes de cendres.

Voici la composition moyenne des farines ordinaires bien blutées :

Eau	17,00
Gluten sec	10,90
Amidon	63,25
Matières solubles (glucose, dextrine, albumine)	8,00
Sels minéraux	0,85
Son accidentel	»
	100,00

Je vous ai donné un aperçu, dans le Cours de troisième année[1], de la manière dont on peut séparer le gluten et l'amidon d'une farine, et cette année même[2], je vous ai décrit le procédé industriel qui permet d'effectuer cette séparation. Il est nécessaire de revenir sur ce point, puisque c'est en déterminant la quantité du gluten dans une farine, ainsi que ses propriétés, qu'on peut le mieux apprécier la qualité de cette farine, c'est-à-dire sa valeur nutritive.

Voyons donc comment on doit procéder à l'essai d'une farine.

1°. On en prend 30 gram. qu'on mélange, dans une capsule, avec 12 à 15 gram. d'eau de manière à en faire une pâte ferme, qu'on malaxe ensuite entre les mains sous un léger filet d'eau

[1] Page 136.
[2] Cours de 4e année, page 96.

(*fig.* 245), jusqu'à ce que tout l'amidon ait été entraîné. On pèse le gluten frais sur une carte, puis on le dessèche dans l'étuve à 110°. Cinq gram. de gluten humide représentent généralement trois gram. de gluten sec.

Voici la quantité relative de gluten humide, fournie par les quatre sortes de farine employées à la fabrication du pain :

Farine blanche de	première qualité. .	30 à 33 pour 100
—	seconde.	25
—	troisième.	19,20
—	quatrième.	9,60.

Avec les farines de bonne qualité, le gluten est homogène, élastique, d'un blond jaunâtre, d'une odeur fade, et il s'étale en plaques lorsqu'on le met sur un plan uni.

Avec les farines mal fabriquées, il est grenu, difficile à rassembler dans la main; c'est ce qui arrive lorsque la mouture a été faite avec une trop grande vitesse; le grain s'est échauffé et la farine a pris une odeur de pierre à fusil.

Une farine de blé additionnée de farine de *seigle* donne un gluten visqueux, noirâtre, sans homogénéité, qui se désagrège facilement et ne peut être desséché complétement.

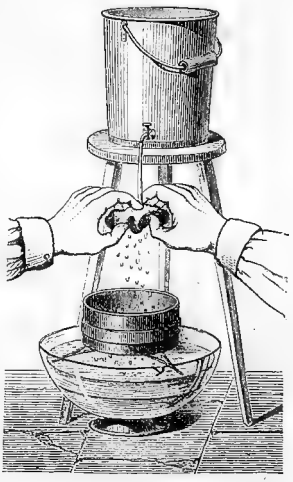


Fig. 245. — Séparation du gluten et de l'amidon de la farine.

Un mélange de parties égales de farine de blé et d'*orge* fournit un gluten sec, d'un brun rougeâtre sale, en filaments vermiculés, entremêlés et tordus sur eux-mêmes.

Si c'est de la farine d'*avoine* qui a été mélangée à celle du blé, le gluten est d'un jaune noirâtre, sans adhérence, légèrement aromatique, et parsemé de points blancs.

On reconnaît le mélange du *maïs*, à ce que le gluten est jau-

nâtre, non visqueux, ferme, et ne s'étale pas comme le gluten de froment pur.

Parties égales de blé et de *sarrasin* donnent un gluten très-homogène, gris noirâtre, qui devient d'un noir foncé par la dessiccation.

Les farines de fèveroles, de pois, de haricots, ajoutées en petites quantités à la farine de blé, font perdre à celle-ci la propriété de se peletonner par la pression de la main ; le mélange forme avec l'eau une pâte grasse, douce au toucher et comme savonneuse ; le gluten est sans liant, sans élasticité et tellement divisé, qu'il passe comme l'amidon à travers le tamis. Pour peu que la proportion des farines de pois et de haricots dépasse 5 pour 100, la farine de blé exhale une odeur caractéristique quand on la délaye dans un peu d'eau bouillante.

La bonté d'une farine de blé ne dépend pas seulement de la proportion de gluten qu'elle renferme, mais encore de la faculté qu'il leur communique de former avec l'eau une pâte plus ferme, plus consistante, surtout plus extensible et, par suite, de donner après la fermentation un pain plus léger et plus agréable.

Continuons l'analyse de la farine d'où le gluten a été séparé. Dans la capsule se trouvent l'amidon, le son et les substances solubles.

En faisant passer le tout à travers un tamis à mailles serrées, on peut retenir le son, si la farine a été mal blutée ; on le lave à l'eau froide et on le sèche. Le résidu est séché et pesé ; on multiplie le chiffre obtenu par 3 pour avoir la proportion du son farineux des meuniers.

On recueille l'amidon sur un filtre, qu'on sèche et qu'on pèse.

Les eaux de lavage sont mises à bouillir dans une capsule de porcelaine pour isoler l'albumine qui se coagule en petits flocons grisâtres. On les recueille sur un filtre et, après lavage, on en prend le poids.

Toutes les eaux réunies sont évaporées au bain-marie ; elles laissent un résidu composé de sucre, de dextrine et de matières salines. On enlève le sucre par l'alcool à 36°, et on peut le doser exactement par la liqueur cuivrique normale de M. Ch. Violette.

La partie insoluble dans l'alcool étant desséchée et pesée, on la calcine dans un petit creuset de platine pour avoir le poids des

matières minérales ; ce dernier poids défalqué du premier donne, par différence, la proportion de dextrine.

Les farines ne doivent pas contenir plus de 17 pour 100 d'eau.

L'excès d'humidité exerce sur elles une influence fâcheuse ; il produit l'altération du gluten et favorise le développement de divers champignons. Ces farines ainsi altérées ne donnent que du pain mal levé, de nuance grise et d'odeur plus ou moins désagréable. Aussi, lorsqu'on veut conserver les farines en bon état, surtout lorsqu'elles doivent être transportées au loin, on les étuve, c'est-à-dire qu'on les chauffe jusqu'à ce qu'elles ne contiennent plus que 6 pour 100 d'eau.

Panification. — Maintenant que nous connaissons bien le blé et sa farine, que nous avons une idée assez exacte de la nature de l'aliment qu'il fournit, occupons-nous en particulier de la conversion de la farine en pain, autrement dit de la *panification*.

Le *pain* n'est autre chose qu'une pâte de farine de blé pétrie avec soin, mise à fermenter pendant quelque temps, et cuite au four d'une manière convenable.

C'est un aliment très-anciennement connu chez les nations orientales, puisque déjà, du temps de Moïse, les Égyptiens employaient du levain à sa préparation. Mais celle-ci, toute simple qu'elle est, a eu, comme les autres arts, des commencements fort grossiers.

Dans l'origine, on se contentait de faire griller le blé, de le moudre entre des pierres, puis de le cuire avec de l'eau. Il en résultait une sorte de bouillie alimentaire, mais fort peu agréable. Plus tard on fit, avec de la farine grossière, des galettes ou gâteaux compactes. Plus tard encore, on mélangea à la farine, de plus en plus épurée par son passage à travers des tamis, diverses substances, telles que graisse, huile, miel, vin doux et même de la viande, et on fit ainsi ce que nous nommons aujourd'hui des *pâtisseries* ou *pièces de four*. Enfin, on imagina d'y introduire du *levain*, c'est-à-dire de la pâte aigrie, ce qui donna, dès lors, un pain léger se rapprochant beaucoup du nôtre.

Dans les premiers temps, on cuisait le pain sous la cendre. Suidas attribue l'invention des fours à un certain Annus, égyptien, personnage inconnu dans l'histoire, mais qui mériterait d'y tenir

une place distinguée, si ses titres à la découverte dont il s'agit étaient prouvés incontestablement. Ces fours étaient d'abord des vases portatifs en métal, qu'on chauffait en dehors comme nos casseroles et nos rôtissoires.

Les Égyptiens savaient faire du pain, lorsque les Grecs ne connaissaient encore que les moyens de préparer des gruaux et des farines ; au moment où ces derniers parvinrent à convertir celles-ci en pain, d'après les notions qu'ils avaient tirées d'Asie, les Romains les mangeaient encore en bouillie. Ce fut seulement 168 ans avant Jésus-Christ, et l'an 585 de la fondation de Rome, que des boulangers grecs pénétrèrent en Italie.

Ainsi, l'art du boulanger passa, avec les autres arts utiles et avec ceux de luxe, d'Afrique en Asie par l'Égypte, et d'Asie en Europe par la Grèce.

Mais l'usage du pain resta inconnu pendant un grand nombre de siècles aux nations du Nord. Il est probable que la connaissance du pain fut apportée dans les Gaules par cette colonie de Phocéens qui vint y fonder Marseille, 596 ans avant l'ère chrétienne, et de l'an de Rome 154.

Ce sont les Gaulois qui introduisirent les premiers de la levûre de bière dans la pâte; toutefois, pendant bien longtemps, la nation conserva le goût du pain sans levain. Il y en avait un surtout qu'on employait ordinairement, en guise de plat ou d'assiette, pour poser et couper certains aliments ; humecté ainsi par les sauces et par le jus des viandes, on le mangeait ensuite comme un gâteau. L'usage des tranchoirs ou pains-assiettes s'est maintenu fort longtemps. Au sacre de Louis XII et à celui de Charles IX, on présentait aux convives, pour la forme, des tranchoirs en pain bis, qu'on distribuait ensuite aux pauvres.

L'institution des boulangers est fort ancienne. Ceux de la Gaule avaient choisi pour leur patron Mercure Artaïus, ainsi nommé du grec *artos*, qui signifie *pain*. Le nom de *boulanger* vient, selon du Cange, de ce que la pâte mise en levain prenait, sous l'influence de la fermentation et de la chaleur, l'aspect d'une *boule* aplatie sur un point, tandis qu'auparavant le pain restait sous la forme de galette plate. Du mot *boule*, on fit donc *boulens*, *boulenger* et par corruption *boulanger*. Ce dernier nom fit oublier celui de *panetier*, de même que celui-ci avait remplacé le nom plus ancien de *fournier*.

Il est question du *bis-cuit*, ou pain cuit deux fois, dans une ancienne chronique du règne de Charlemagne. Abbon en parle aussi dans sa relation du siége de Paris par les Normands. Ce pain était employé sur les vaisseaux, comme de meilleure garde que le pain ordinaire.

J'ai déjà dit qu'on appelle *levain* la substance qu'on ajoute à la pâte avant la cuisson, pour lui faire éprouver cette fermentation qui en détermine le boursouflement et la légèreté. Tout le monde connaît la différence qui existe entre le pain avec ou sans levain; ce dernier, dit *pain azyme* est lourd, compacte, moins agréable au goût; les prescriptions religieuses en mentiennent l'usage chez les juifs pendant la durée de leur Pâque.

Le levain est tantôt de la pâte qu'on a laissée aigrir ou fermenter, tantôt de la levûre de bière. Il est difficile d'établir à quelle époque on commença à faire entrer du levain dans la pâte destinée à la confection du pain ; cette coutume est fort ancienne. Quelque portion de pâte, oubliée dans le pétrin et incorporée avec l'eau et la farine, a dû être l'origine de cet important perfectionnement.

La fabrication du pain comprend deux opérations distinctes : la préparation de la pâte ou le *pétrissage*, et la *cuisson* de cette pâte quand elle a levé ou fermenté, et qu'elle a été mise sous la forme qu'on veut donner au pain.

Voyons ce qu'il y a d'essentiel dans ces deux opérations.

A. *Pétrissage.* — On commence d'abord par ajouter à une portion de levain la quantité d'eau, 50 à 60 pour 100, nécessaire à la préparation de toute la pâte, et à en faire un mélange homogène, dans lequel on introduit ensuite la quantité voulue de farine. La masse est réunie dans le pétrin, où elle est travaillée et retournée de droite à gauche et de gauche à droite; elle est successivement soulevée et abandonnée à son propre poids, afin d'y introduire de l'air.

Depuis 1811, grâce à un boulanger de Paris nommé Lembert, on a remplacé dans les grandes boulangeries le pétrissage à bras par des instruments qui rendent le travail plus régulier, plus économique et plus propre. Des nombreux *pétrins mécaniques* imaginés dans ces dernières années, le plus simple et le plus commode, c'est celui de M. Rolland. En voici une coupe et une vue extérieure (*fig.* 246).

Comme vous le voyez, c'est une auge demi-cylindrique en bois AAA, garnie en tôle étamée, dans laquelle se meut, par les moyens ordinaires, un axe en fer O sur lequel sont fixés, en sens inverse, deux cadres BBB en forme de S. Dans l'intérieur de ces

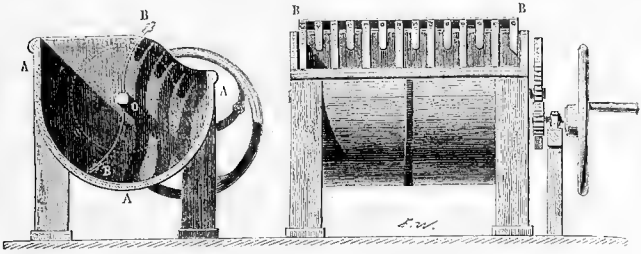


Fig. 246. — Pétrin mécanique de M. Rolland.

cadres se trouvent deux systèmes de lames de même courbure, les uns attachés à la fois sur l'axe et la traverse extérieure, les autres, moitié plus courtes, n'adhérant qu'à cette traverse. Ces dernières alternent avec les premières, de telle sorte qu'une lame entière d'un côté de l'axe se trouve située en face d'une demi-lame du côté opposé.

Le mélange de l'eau, de la farine et du levain, ainsi que l'étirage et le pétrissage de la pâte, sont effectués très-rapidement au moyen de ces lames dont la rotation exige à peine la force d'un homme.

Lorsque la pâte a été ainsi apprêtée et bien *soufflée*, soit par la main de l'homme, soit par l'agitateur ou le pétrisseur mécanique, on la divise en *pâtons* plus ou moins gros suivant le genre de pain qu'il s'agit de confectionner, et on leur donne la forme voulue en les plaçant dans des corbeilles garnies de toile ou dans des moules de tôle, après, toutefois, les avoir saupoudrés de farine commune ou de farine de maïs, pour les empêcher d'adhérer. Une fermentation très-active se développe, grâce à la température élevée du *fournil*, et lorsque les *pâtons* sont suffisamment gonflés, on s'empresse de les enfourner et de les cuire.

B. *Cuisson.* — Les fours ordinaires des boulangeries (*fig.* 247) sont ellipsoïdes et formés d'une sole plane en briques recouverte

d'une voûte très-surbaissée (35 à 40 centimètres). On les chauffe en plaçant le combustible (bois légers, de bouleau ou de peuplier) sur la sole même. Les produits de la combustion s'échappent par quatre conduits ou *ouras* situés au fond et qui passent au-dessus

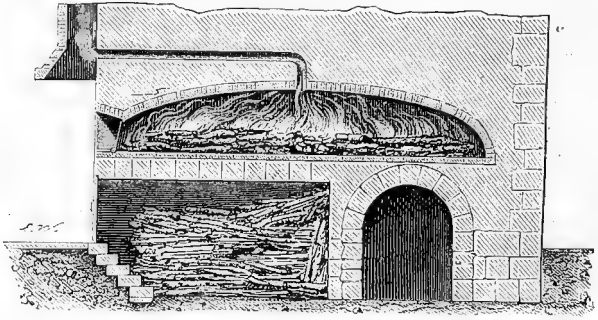


Fig. 247. — Four ordinaire des boulangers.

de la voûte avant de se rendre dans la hotte placée au-dessous de l'entrée du four, hotte qui les dirige dans la cheminée.

Lorsque la température intérieure du four est entre + 290 et 300°, on enlève le résidu du combustible ou ce qu'on appelle la *braise*, on balaye la sole et on garnit celle-ci des *pâtons* saupoudrés de *fleurage*, en les plaçant par ordre de grosseur. On ferme le four, et on n'en retire les pains que lorsque leur surface extérieure ou *croûte* est durcie et colorée convenablement; cela arrive au bout de 30 à 40 minutes pour les pains de 2 kilogr. et seulement au bout de 60 minutes pour les pains de 4 kilogr.

On a constaté que la cuisson de la *croûte* s'effectue à la température de 210°, tandis que celle de la *mie* a lieu à 100° environ.

Les fours des boulangers rappellent l'enfance de l'art par leur vicieuse construction et tous les inconvénients qui en dérivent. Il semble qu'ils aient été conçus pour griller les ouvriers plutôt que pour faire cuire le pain. On leur substitue, depuis une vingtaine d'années, au moins dans les grandes boulangeries, des fours à foyer extérieur au moyen desquels la cuisson est plus régulière, plus économique et plus salubre. Les uns sont échauffés par un courant d'air chaud, aussi les appelle-t-on *fours aérothermes;* les

autres ont la même disposition qu'un moufle, autour duquel circulent la flamme et les produits de la combustion.

C. *Théorie de la panification.* — J'arrive maintenant à la théorie de la *panification*. Toutes les opérations pratiquées ont pour but de faire éclater les grains de fécule, et de rendre ainsi cette substance facilement assimilable à nos organes.

La pâte préparée pour la cuisson peut être considérée comme un tissu visqueux et élastique de gluten, dont les cellules sont remplies d'amidon, de sucre, d'albumine, de gomme, etc., et entremêlées d'une matière fermentescible, qui a été ajoutée à la farine lors de sa mise en levain.

Lorsqu'on abandonne cette pâte dans un endroit chaud pour qu'elle *lève*, le gluten réagit, à la faveur de l'eau et de la chaleur, sur les globules d'amidon, les fait éclater et met ainsi en liberté la dextrine. Une partie de celle-ci est bientôt convertie en sucre par l'influence du gluten, qui, dans ce cas, opère le même effet que la diastase. — Le sucre ainsi formé, plus celui qui préexistait dans la farine, se trouvant en présence du levain, éprouve, presque aussitôt, la fermentation alcoolique, c'est-à-dire qu'il est transformé, par la réaction de ses éléments, en acide carbonique et en alcool ; puis une partie de ce dernier se change en vinaigre ou acide acétique, tandis que du gluten, en se décomposant spontanément, donne lieu à un dégagement d'acide carbonique, d'hydrogène et d'ammoniaque.

La chaleur dilate ou réduit en vapeurs ces produits liquides ou aériformes, ainsi que l'air introduit dans la pâte par l'action du pétrissage. Ces gaz et vapeurs tendent à se dégager ; mais retenus par la viscosité du gluten, ils soulèvent la pâte, se logent dans de petites cavités ; il y a tuméfaction, c'est-à-dire que la pâte *lève*, en termes de boulanger.

Lorsque, par suite de la cuisson, qui chasse la plus grande partie de l'eau interposée, la pâte a été solidifiée, la masse reste criblée de petites cavités qui retenaient les gaz, et le pain qui en résulte est rendu léger et blanc, par la division de ses particules.

Il résulte donc de ce qui précède que plus une pâte sera riche en gluten, plus elle sera visqueuse et tenace, mieux, par conséquent, elle se tuméfiera en larges crevasses, et fournira un pain plus blanc, plus léger et mieux cuit. Le mélange intime du levain avec la pâte

contribue singulièrement à la légèreté du pain, qui est indiquée par la quantité d'*œils* qu'il offre dans sa masse.

On introduit généralement du sel dans le pain, pour lui donner du goût, et pour mieux le conserver. Le sel est jeté par poignées sur le levain avant d'y mettre l'eau. — A Paris, on emploie un 1/2 kilogr. de sel par sac de farine du poids de 159 kilogr. — En Angleterre, on met 2 kilogr. de sel par sac de 125 kilogr. Quelquefois on met moitié sel et moitié alun.

La farine, pour pouvoir être pétrie, absorbe de 55 à 70 p. 100 d'eau, suivant sa qualité et surtout l'humidité qu'elle renferme déjà. La quantité de pains qu'on obtient d'un poids donné de farine dépend de la qualité du blé, des manipulations auxquelles la pâte est soumise, de la forme et des dimensions des pains, et enfin de leur degré de cuisson. Voici les moyennes du rendement en pain :

Farine première de blés tendres	135 p. 100
— seconde.	138
— troisième.	142
— première de blés demi-durs du Midi.	138
— seconde.	145
— troisième.	147
— première de blés durs.	140
— seconde.	145
— troisième.	150

Les proportions de croûte et de mie dans le pain varient beaucoup, suivant chaque sorte de pain et suivant les localités. Quant à celles de l'eau retenue dans la masse, elles vont de 33 à 44 p. 100.

Comme le pain de pur froment se dessèche assez vite, on a l'habitude, dans les campagnes, où l'on ne cuit que tous les huit ou douze jours, d'ajouter à la farine de blé 1/8e de farine de seigle, qui rend le pain plus frais et plus agréable.

Le pain bien cuit et rassis est de plus facile digestion que le pain peu cuit et que le pain frais et chaud. Ce n'est pas par une moindre proportion d'eau que le pain rassis diffère du pain tendre, mais par un état moléculaire particulier qui se manifeste pendant le refroidissement, se développe ensuite, et persiste aussi longtemps que la température ne dépasse pas une certaine limite.

Le pain altéré et moisi, par suite de l'excès d'eau qu'il contenait, cause des maladies, et même une sorte d'empoisonnement pour les hommes et les animaux; il faut donc éviter d'en faire usage.

Les pains de luxe, dits *pains de gruau*, *pains à café*, *pains mollets*, *pains à soupe*, *régences*, *pains de Bruxelles*, etc., sont faits avec des farines dites de *gruaux sassés*, et par conséquent plus blanches que les farines ordinaires. On fait usage de levûre de bière au lieu de levain de pâte, et la pâte est bien battue et soufflée de manière à être rendue très-légère. Dans les *pains viennois*, on ajoute pour le pétrissage une partie de lait pour quatre parties d'eau ; on vernit la croûte à l'aide de blanc d'œuf, ou plus simplement en opérant la cuisson sous l'action d'un courant de vapeur d'eau.

Tous les pains de luxe sont légers et d'une digestion facile, mais ils sont moins riches en gluten ou moins nourrissants, et comme, en outre, on les vend moitié en sus du prix du pain ordinaire de première qualité, leur usage n'est nullement économique.

Pâtes alimentaires. — La farine de blé n'entre pas seulement sous la forme de pain dans l'alimentation journalière ; une grande quantité est employée à la préparation de pâtes sèches qui, sous les noms de *vermicelle*, *semoule*, *macaroni*, *nouille*, *lazagne*, *petites pâtes à potage*, sont associées au bouillon, au lait, au beurre et sont mangées en potage.

Ces pâtes alimentaires, dites d'*Italie*, parce que c'est dans cette région qu'on en a d'abord fait usage, sont fabriquées avec des farines de *blés durs* et *demi-durs*, qui, comme je l'ai déjà dit, sont plus riches en gluten que toutes les autres. Elles sont donc douées d'une puissance nutritive plus grande. On les obtient toutes de la même manière.

On pétrit fortement 34 ou 36 kilogr. de gruaux avec 10 à 15 litres d'eau bouillante, à l'aide d'un cylindre taillé en couteau à tranchant arrondi. La matière pâteuse obtenue par ce pétrissage énergique, est placée dans le cylindre en bronze *a* (*fig.* 248) bien alesé, d'une presse spéciale. Elle reçoit d'un piston *b*, mû lentement à l'aide d'une pompe hydraulique dont le corps se voit en *c*, une très-forte pression ; celle-ci fait passer la pâte au travers des trous pratiqués dans une plaque épaisse *d*, également en bronze, qui termine le cylindre. La pâte sort en fils plus ou moins gros ou fins suivant le diamètre des trous de cette plaque.

Lorsque ces fils ont atteint une longueur d'environ 75 centimètres, on les coupe tous à la fois, on les étend sur des paniers plats, pour les porter à l'atelier où des femmes les réunissent en petits nouets avant de les faire sécher. La pression continuant à s'exercer, on coupe une seconde collection de fils dès qu'ils ont atteint la même longueur que les précédents, et ainsi de suite tant qu'il reste de la pâte dans le cylindre. On voit en *e* le ventilateur qui sert à éventer les fils à mesure qu'ils sortent de la filière *d*.

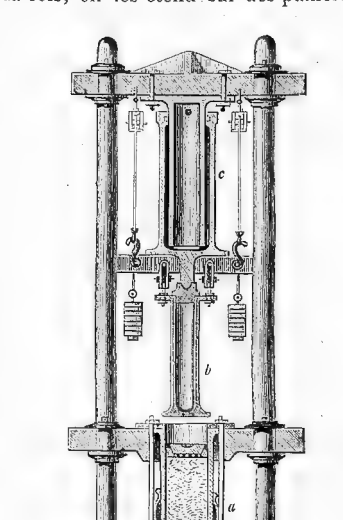


Fig. 248. — Presse à fabriquer le vermicelle et le macaroni.

Les macaronis se préparent avec la même presse, seulement dans ce cas, elle est munie d'une autre plaque (*fig.* 249), dont les trous évasés et plus grands sont garnis d'un court mandrin cylindrique, de façon que la pâte sortant par l'intervalle annulaire affecte la forme de tubes creux. Ceux-ci sont portés au séchoir et placés sur des bâtons cylindriques qui les suspendent au milieu de l'air en mouvement.

Les petites pâtes en lamelles, rondes, elliptiques ou en étoiles pleines ou percées au milieu, s'obtiennent encore avec les mêmes ustensiles; mais le cylindre creux de la presse est disposé horizontalement, et la plaque qui le termine présente des trous dont les contours sont semblables à ceux des lamelles que l'on veut obtenir. A mesure que la pâte sort et dépasse la plaque de 2 ou 3 millimètres, elle est coupée par un couteau fixé sur un axe, et

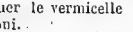


Fig. 249. — Filière pour le macaroni.

qui tourne plus ou moins rapidement; ces petites lamelles de pâte en disques, rondelles ou étoiles, tombent dans une manne doublée de toile et sont portées directement au séchoir.

Les pâtes alimentaires obtenues à Lyon avec nos blés durs de l'Algérie, à Clermont avec les beaux blés durs d'Auvergne, soutiennent la comparaison avec les plus beaux produits de l'Italie.

Les vermicelles et macaronis sont colorés en jaune, pour satisfaire aux exigences de certains consommateurs, soit avec du safran, soit avec du curcuma.

100 parties de pâtes alimentaires équivalent au moins à 151 parties 1/2 de pain blanc.

BOISSONS FERMENTÉES.

On désigne habituellement sous ce nom générique les liquides sucrés qui ont éprouvé la fermentation alcoolique, et qui, comme le vin, le cidre, la bière, etc., doivent leurs propriétés enivrantes à la présence d'une petite quantité d'alcool.

L'invention de ces liqueurs fortes pour apaiser la soif en place de l'eau et du lait, boissons naturelles dont l'homme fit d'abord usage, remonte pour ainsi dire au berceau du monde, et, circonstance non moins remarquable, ce goût pour les liqueurs fortes se retrouve chez les nations les moins civilisées qui, toutes, préparent une boisson fermentée spéciale.

Nous n'étudierons en particulier que le vin, le cidre et la bière, parce que ce sont les seules dont l'usage soit général en Europe.

Vin. — Le vin est le jus du raisin, qui, par la fermentation spontanée, a acquis une saveur spiritueuse et agréable.

La vigne, dont la grappe (*fig.* 250) porte le nom de *raisin*, est originaire des régions asiatiques où sa culture date de la plus haute antiquité; la Bible en contient les témoignages les plus irrécusables, depuis Noé et Melchisédech jusqu'aux époques relativement plus récentes. La fabrication du vin y était aussi très-anciennement connue, et pendant longtemps l'Orient conserva sa supériorité à cet égard.

Ce sont les Phéniciens qui introduisirent la culture de la vigne dans les îles de l'Archipel, dans la Grèce, dans la Sicile, enfin en

Italie et dans le territoire de Marseille, d'où elle se répandit peu à peu dans toutes les Gaules. De nos jours, nulle contrée ne produit une plus grande variété de vins remarquables que la France, qui n'a pas moins de 2,170,000 hectares consacrés à la vigne et qui livre chaque année à la consommation 70 millions d'hectolitres de vins. Sur les 89 départements, 15 seulement sont privés de vignobles, à savoir : Morbihan, Côtes-du-Nord, Finistère, Manche, Calvados, Orne, Seine-Inférieure, Somme, Mayenne, Pas-de-Calais, Nord, Creuse, Cantal, Lozère.

Fig. 250. — Grappe de raisin Frankenthal.

Il faut, pour que le raisin puisse donner une liqueur spiritueuse, qu'il soit écrasé, afin que ses divers matériaux constitutifs, notamment le sucre et le ferment qui sont placés chacun dans des organes spéciaux, soient en contact intime. Il est certain qu'il n'y a jamais d'alcool dans le grain de raisin abandonné à lui-même sans avoir été déchiré; il se flétrit, se dessèche et se décompose alors, mais sans éprouver de fermentation alcoolique régulière et complète.

Une autre condition, non moins nécessaire, c'est que le jus ait le contact de l'air, pour que le ferment puisse y apparaître, s'y développer aux dépens des matières azotées et du sucre, et déterminer par suite l'alcoolisation de celui-ci.

Voici, très en abrégé, la manière la plus générale d'opérer la transformation du jus ou *moût* en vin.

Les raisins étant mûrs, ce qui a lieu du 8 au 20 septembre dans les régions chaudes de la France, du 20 au 30 septembre dans le Centre; et dans les premiers jours d'octobre dans les régions plus septentrionales, on les foule avec les pieds dans de grandes cuves en bois ou en pierre, ou on les fait passer entre deux cylindres tournant l'un contre l'autre (*fig.* 251), qui les écrasent et les laissent tomber dans un réservoir d'où le jus se rend dans des cuves

à fermenter. Ces cuves *a a* ont une capacité de 50, 60 à 80 hectolitres.

Au bout de quelques jours, la fermentation s'établit; la masse

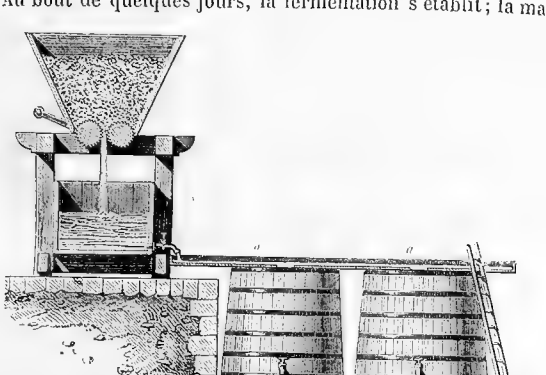


Fig. 251. — Machine à écraser le raisin.

s'échauffe; des bulles d'acide carbonique se dégagent en si grande quantité qu'il en résulte une sorte d'ébullition; elles soulèvent les débris solides du fruit, et une écume épaisse, composée surtout de ferment altéré; de sorte qu'il se forme peu à peu, à la surface de la liqueur, une croûte hémisphérique *c b* (*fig.* 252) qu'on appelle le *chapeau de la vendange*. Mais bientôt l'effervescence se calme et le chapeau s'affaisse. Alors on foule la cuve pour mêler toutes les matières et ranimer la fermentation. Lorsque la liqueur ne *bout* plus, qu'elle possède une saveur vineuse et qu'elle s'éclaircit, on soutire le liquide dans des tonneaux; il porte déjà le nom de *vin*.

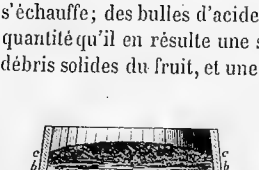


Fig. 252. — Cuve en fermentation.

Quant au *marc*, on le soumet à plusieurs reprises à l'action de forts pressoirs pour en extraire ce qu'on appelle le *vin de presse*.

Renfermé dans les tonneaux, le vin continue à fermenter, même pendant plusieurs mois ; cette fermentation insensible est assez active, dans les premiers jours, pour former, tout autour des bondes, une écume assez épaisse, composée principalement par le ferment. Mais au bout de quelque temps, cette écume, qui se produit tant que la fermentation continue, se dépose au fond des tonneaux, entraînant avec elle un mélange confus des débris de la pulpe, de matière colorante et de sels peu solubles, notamment de tartre ou bitartrate de potasse : c'est cet ensemble qui porte le nom de *lie*. Le dépôt du tartre, déterminé surtout par l'alcool dont la liqueur s'enrichit par suite de la fermentation insensible, a lieu pendant longtemps ; le mouvement, la chaleur le favorisent. On conçoit, d'après cela, l'amélioration qu'acquièrent les vins de Bordeaux par le transport sur mer,

Lorsque le vin s'est bien dépouillé de sa lie, on le *colle*, c'est-à-dire qu'on y introduit une certaine quantité de blancs d'œufs ou de colle de poisson, afin de précipiter toutes les matières en simple suspension et notamment les restes du ferment, qui ne peut plus alors entretenir la fermentation.

C'est par ce procédé qu'on prépare les vins ordinaires, rouges ou blancs. Ceux-ci sont faits avec les raisins blancs, qu'on laisse fermenter avec les *rafles*, c'est-à-dire avec les pédoncules ligneux qui supportent les grains. On fait aussi des vins blancs avec les raisins rouges ; mais alors, au lieu de laisser fermenter le moût sur son marc on le soutire dès que le grain est écrasé, et on le laisse fermenter dans des tonneaux. Comme la matière colorante du fruit réside uniquement dans la pellicule extérieure, vous concevez que celle-ci étant séparée du moût, ce dernier ne peut se colorer en rouge. C'est aux Poitevins, du douzième siècle, qu'on doit cette manière de faire du vin blanc avec des fruits colorés.

Les *vins de liqueur* ou *vins sucrés* se préparent dans les pays chauds, en Italie, en Espagne, dans le midi de la France. Les raisins de ces contrées étant très-riches en sucre, il y a toujours une assez forte proportion de ce principe qui échappe à la fermentation, et qui reste en dissolution dans le liquide spiritueux.

Quant aux vins blancs mousseux, on les obtient en mettant en bouteilles le moût vineux, qui n'a pas encore achevé sa fermentation lente. L'acide carbonique qui se forme, tant que cette dernière

n'est pas complète, se dissout dans le vin et s'y accumule en raison de la pression à laquelle il est soumis. On augmente la richesse en alcool et en acide carbonique en ajoutant au vin avant la mise en bouteilles un peu de bonne eau-de-vie et un sirop fait avec du sucre candi dissous dans du vin blanc.

C'est la Champagne qui est en possession, depuis le dix-septième siècle, de fournir au commerce les meilleurs vins blancs mousseux. Le département de la Marne en exporte annuellement trois millions de bouteilles; Reims et Épernay sont surtout les centres de fabrication. Depuis 1820, on prépare aussi une grande quantité de vins analogues, mais inférieurs toutefois, en Bourgogne, en Anjou, en Lorraine, en Gascogne, dans le Wurtemberg, et sur les bords du Rhin.

Tous les vins ont à peu près la même composition, c'est-à-dire qu'ils renferment les mêmes substances. Il n'y a que les proportions respectives de ces substances qui diffèrent dans chaque espèce de vin. Généralement ces substances préexistent dans les raisins, à part quelques-unes qui prennent naissance dans l'acte de la fermentation. C'est ce que vous allez voir par le tableau suivant :

SUBSTANCES PRÉEXISTANTES DANS LE MOUT.	SUBSTANCES CRÉÉES PAR LA FERMENTATION.
Eau (beaucoup).	Matière colorante rouge.
Sucre interverti (beaucoup).	Alcool en proportions variables.
Gomme, mucilage, pectine.	Tannin (beaucoup).
Matières azotées solubles (peu).	Aldéhyde ($C^4H^4O^2$).
Matières grasses.	
Matières colorantes jaune et bleue.	Acide acétique ($C^4H^4O^4$).
Acides tartrique et malique libres.	— succinique ($C^8H^6O^8$).
Bitartrate de potasse.	— œnanthique ($C^{14}H^{15}O^2$).
Tartrates de chaux, de magnésie, d'alumine.	Ether œnanthique ($C^{14}H^{15}O^2+C^4H^5O$).
Tartrate de potasse et d'alumine.	— acétique ($C^4H^3O^3+C^4H^5O$).
Phosphates de chaux, d'alumine.	Principes inconnus constituant *le bouquet*.
Sulfate de potasse.	Glycérine ($C^6H^8O^6$).
Chlorure de sodium.	Gaz acide carbonique (vins de champagne).
Oxyde de fer (vins de Bordeaux).	

Douze substances, au moins, sont donc des produits de la fermentation du moût et communiquent au vin les propriétés nouvelles qui le caractérisent.

La couleur des vins rouges est due à la matière colorante bleue du moût, que les acides libres ont fait passer au rouge. Cette matière bleue qui réside dans la pellicule du fruit est cristallisable ;

elle provient d'une matière colorante jaune qui se colore peu à peu sous l'influence de la lumière et de l'air.

L'*aldéhyde*, l'*acide* et l'*éther acétique* se forment au détriment de l'alcool, et ils sont presque toujours le résultat d'une fermentation trop active et trop prolongée.

L'*acide œnanthique*, analogue aux acides gras, provient de l'oxydation des matières grasses du moût; il se transforme bientôt en *éther œnanthique* par sa réaction sur l'alcool. Cet éther est une sorte d'huile volatile qui paraît être le principe qui communique au vin, non ce *bouquet* spécial propre à chaque cru, mais cette odeur vineuse caractéristique, commune à tous les vins à un degré plus ou moins marqué.

Le *bouquet* des vins, si apprécié des gourmets, est en si minime proportion, qu'on n'a pu jusqu'à présent en déterminer la nature. Ce doit être une matière très-complexe de la nature des éthers et des huiles essentielles.

L'*acide succinique*, la *glycérine*, l'*acide carbonique* et l'*alcool* dérivent évidemment du sucre contenu primitivement dans le moût en grande quantité. Sous l'influence des matières azotées qui agissent comme ferment, ce sucre éprouve un changement d'équilibre dans ses principes élémentaires, si bien que ceux-ci prennent la forme des quatre substances précédentes. L'acide carbonique se dégage ; l'alcool reste dans le liquide et lui donne la force et la propriété enivrante qui caractérisent le vin. Quant à l'acide succinique et à la glycérine, qui ne sont jamais qu'en très-minimes proportions, on ignore la part qu'ils peuvent prendre aux propriétés du vin.

En vieillissant, il se dépouille peu à peu de la crème de tartre qui se dépose en petits cristaux confus dans les tonneaux et les bouteilles; il en est de même de la matière colorante, aussi le liquide ne garde plus qu'une teinte pâle qu'on désigne sous le nom de *pelure d'oignon*.

Les vins des pays froids étant généralement très-aigres et peu spiritueux, on améliore beaucoup leur qualité en ajoutant à leur moût un peu de craie et de glucose, ou mieux encore de cassonade de canne. C'est Chaptal qui, dès 1787, a indiqué ce moyen, pratiqué en grand dans tout le Centre et le Nord-Est de la France.

Cidre. — Le cidre est le produit de la fermentation du jus de

la pomme ou de la poire; lorsqu'il est fait avec ce dernier fruit, il prend le nom spécial de *poiré*.

La fabrication et l'usage de ces boissons sont connus non-seulement en France, mais aussi en Angleterre, en Espagne, en Allemagne, en Russie, dans quelques régions de l'Afrique et dans l'Amérique du Nord. Les Égyptiens, les Hébreux passent pour les avoir fait connaître aux autres nations de l'antiquité; les Grecs, les Romains, les Ibères, les Celtes, les Gaulois les adoptèrent successivement[1].

En France, treize départements s'occupent sur une grande échelle de la culture des pommiers et poiriers à cidre, à savoir : la Seine-Inférieure, le Calvados, l'Orne, l'Eure, la Manche, l'Oise, les Côtes-du-Nord, l'Ille-et-Vilaine, le Morbihan, la Somme, la Sarthe, l'Aisne et Seine-et-Oise.

Il y a encore vingt-trois autres départements où l'on produit du cidre; mais la quantité en est très-peu considérable, comparativement à celle fournie par les précédents. On peut porter à plus de 40 millions la valeur en argent du cidre fabriqué annuellement dans les cinq départements de l'ancienne Normandie.

La fabrication du cidre est aussi facile que celle du vin. La qualité de cette boisson dépend surtout de la nature des fruits qu'on emploie. Dans toutes les contrées où les pommiers et les poiriers sont cultivés en grand pour la confection du cidre ou du poiré, on donne la préférence aux espèces dont les fruits sont aigres ou acides, doux ou âpres, amers. On les préfère aux pommes et aux poires dites *à couteau*.

Les variétés de pommes à cidre sont extrêmement nombreuses. Suivant l'époque de leur maturité, on les partage en trois grandes classes :

1. Les *pommes précoces* ou de *première saison*, mûrissant à la fin de septembre; on les appelle aussi *pommes tendres;* elles donnent un cidre léger qui n'est pas de garde;

2. Les *pommes moyennes* ou de *deuxième saison*, dites *demi-tendres*, murissant en octobre;

3. Les *pommes tardives* ou de *troisième saison*, dites aussi

[1] Le mot *cidre*, qu'on écrivait d'abord *sidre*, dérive du mot latin *sicera*, qui est la traduction du mot hébreu *shèkar*, qui s'appliquait d'une manière générale à toute boisson fermentée autre que le vin. C'est à partir du dix-septième siècle qu'on a changé l'S en C.

pommes dures, donnant un cidre plus spiritueux et plus durable, qui se conserve pendant plusieurs années.

Le meilleur cidre est celui qui provient du mélange, en proportions raisonnées, des pommes amères et des pommes douces des deux dernières saisons.

Après la récolte, on laisse les fruits en tas pendant un certain temps, pour que leur maturation s'achève, et qu'ils donnent un moût plus sucré; puis on procède au *broyage* ou *pilage*.

Cette opération est pratiquée, tantôt au moyen d'une auge circulaire de 18 à 20 mètres de circonférence, en granite, en bois

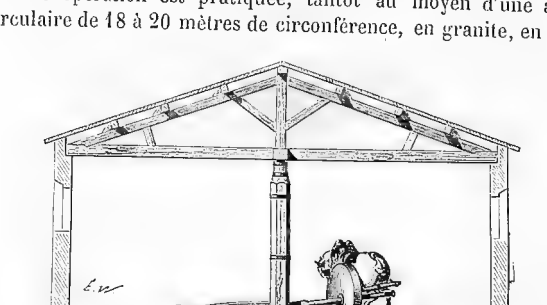


Fig. 253. — Tour à piler les pommes de la Basse-Normandie.

ou en pierre de taille (*fig.* 253), dans laquelle les fruits sont écrasés par une meule verticale de même nature, mue par un cheval; tantôt à l'aide d'un moulin ou concasseur à noix en fonte *oo* (*fig.* 254), dont les dents, engrenant les unes dans les autres, saisissent les pommes et les réduisent en fragments de la grosseur d'une noisette.

La pulpe obtenue est soumise à la presse entre des lits de paille (*fig.* 255), à trois reprises différentes. Le jus de la première pression forme ce qu'on appelle le *gros cidre*, celui des deux dernières constitue le *petit cidre;* il est très-faible, parce qu'on a broyé deux fois le marc avec une certaine quantité d'eau.

Le jus de pommes et de poires est composé de beaucoup d'eau,

d'une petite quantité de sucre interverti, de pectine et de mucilage, d'acide malique, de matière azotée soluble, de matière colo-

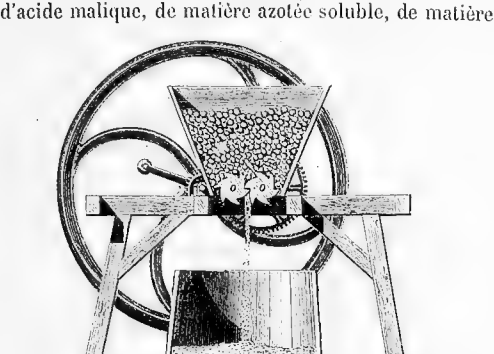


Fig. 254. — Concasseur de pommes.

rante, de traces d'acides pectique et gallique, de malates de po-

Fig. 255. — Pressoir à cidre.

tasse et de chaux, et des principes amers et aromatiques des

pepins écrasés. Comme on broie les marcs avec une certaine quantité d'eau, il s'ajoute au suc propre des fruits les sels divers provenant de l'eau employée.

Ce jus de pommes ou de poires, introduit dans de grands tonneaux ou *foudres* de 6 à 700 litres de capacité, éprouve en peu de jours une fermentation tumultueuse qui dure à peu près un mois. Vers la fin du mois qui suit, on peut commencer à boire le cidre; il est alors très-clair et alcoolique, attendu qu'une nouvelle fermentation plus lente a eu lieu et a transformé le sucre en alcool.

Lorsqu'on veut avoir du cidre délicat, de qualité supérieure et de belle couleur, on le soutire un mois après son pilage et on continue ces soutirages de mois en mois jusqu'à ce qu'il soit fait. Pour le cidre mousseux, on ne laisse fermenter dans les tonneaux que pendant un mois, et on met en bouteilles dès que le liquide est éclairci.

La composition chimique du cidre est notablement différente de celle du vin. On y trouve, en plus, des substances propres au jus de la pomme, une matière brune, de l'acide acétique, de l'acide carbonique et 6 pour 100 d'alcool en moyenne; il n'y reste plus que des traces de sucre.

Les poires fournissent presque moitié plus de jus que les pommes, et leur jus est bien plus sucré; aussi le *poiré* est-il plus alcoolique que le cidre.

Le cidre nouveau qu'on appelle *cidre doux*, parce qu'il n'a pas encore suffisamment fermenté et qu'il a un goût mielleux ou sucré, est indigeste et même purgatif; c'est une fort mauvaise boisson. — Les vieux cidres sont presque toujours capiteux, amers et chargés d'acide; ils ne sont pas supportés par tous les estomacs, et lorsqu'on les boit en trop grande quantité, ils troublent la digestion, provoquent la diarrhée et parfois même la dyssenterie. — Il n'y a de vraiment bon et salubre que le cidre bien fermenté, qu'on conserve à l'abri de l'air, soit en bouteilles soit en tout petits tonneaux.

Bière. — La bière est une infusion d'orge fermentée, additionnée du principe amer et aromatique du houblon. Son usage est fort ancien, et suivit de fort près celui du vin, puisqu'au rapport d'Hérodote et des autres historiens grecs et latins, c'était la bois-

son la plus commune des anciens Égyptiens, qui la nommaient *zythum et curmi*. Ils en devaient la connaissance à Isis et à Osiris, et la préparaient avec le blé; plus tard, on substitua l'orge à cette céréale. La plus renommée des bières égyptiennes fut celle de Péluse à l'embouchure du Nil. Columelle dit qu'on y ajoutait, pour l'empêcher de s'aigrir, l'infusion amère du lupin.

Fig. 256. — Orge commune.

Les Grecs connurent aussi la bière, qu'ils désignaient sous le nom de *vin d'orge*. Les Espagnols, les Germains, les Gaulois en connaissaient de temps immémorial la préparation. Suivant Pline, les Gaulois l'appelaient *cervisia* ou *cervisia* (vin de Cérès), et le grain qu'on y employait *brance*. Cette double expression s'est conservée chez nous d'âge en âge. L'une a formé les mots *brasser* et *brasseur*, qui subsistent toujours, et l'autre celui de *cervoise* qui était encore en usage au seizième siècle. L'ordre insensé que Domitien donna de faire arracher toutes les vignes dans les Gaules, dut y rendre général l'usage de la bière. Bien des actes démontrent que c'était la boisson populaire en Normandie avant le quatorzième siècle. Dans toute l'Europe septentrionale, y compris nos départements du Nord, la bière est restée la boisson habituelle. Il en est de même aux Etats-Unis d'Amérique.

Je ne puis vous décrire en détail la fabrication des différentes espèces de bière qui sont très-nombreuses; je me bornerai à vous faire connaître les principes sur lesquels reposent la préparation de la bière commune de France.

L'orge (*fig.* 256), comme toutes les autres graines céréales, ne contient presque pas de sucre; aussi, pour qu'elle devienne propre à fournir une liqueur sucrée fermentescible, est-il nécessaire de lui faire subir une opération spéciale, qui a pour effet de convertir en sucre l'amidon qui s'y trouve

en abondance. On parvient à ce résultat en la faisant ramollir et gonfler dans l'eau, puis en l'étendant en couches minces sur le plancher du *germoir*, grande pièce où la température reste constamment entre + 14 et 15° (*fig.* 257). Dans ces conditions, l'orge ne tarde pas à germer. Cette opération, dite *maltage*, a pour but de développer le ferment nommé *diastase* qui doit produire la saccharification de la fécule.

C'est au printemps et à l'automne que les conditions pour le maltage sont le mieux réalisées ; de là provient le nom de *bière de mars* qu'on donne à la bière fabriquée au printemps et qui est

Fig. 257. — Germoir.

regardée comme supérieure à celle qui est obtenue dans les autres époques de l'année.

Lorsque le germe a acquis à peu près la longueur du grain (*fig.* 258), ce qui arrive en huit ou dix jours, on arrête la germination en exposant l'orge à une chaleur d'environ + 50°, dans une sorte d'étuve nommée *touraille*.

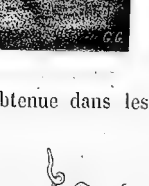


Fig. 258. — Orge en germination.

Cet appareil se compose essentiellement d'une plate-forme carrée *a b*, (*fig.* 259), en fer treillagé, sur laquelle on étend le grain sous un épaisseur de 6 à 7 centimètres. Cette plate-forme, de 4 à 5 et même 7 mètres de côté, représente la base d'une pyramide quadrangulaire renversée dont le sommet est tronqué par le

oyer du tourneau. La distance du foyer à la plate-forme est de 2 à 3 mètres environ. Le foyer A est recouvert d'une voûte qui, s'échauffant au rouge, produit l'effet utile de brûler la fumée du coke ou de la houille de Fresne qu'on emploie généralement. Cette voûte est surmontée d'une trémie renversée B, en briques, percée d'orifices par lesquels s'échappent les produits de la combustion et l'air échauffé ; le toit qui la recouvre empêche les radicelles qui passent à travers les ouvertures de la plate-forme, de tomber sur le foyer et de produire de la fumée, et les renvoie vers les parties latérales d'où elles descendent par les carneaux CC qui les dirigent au dehors.

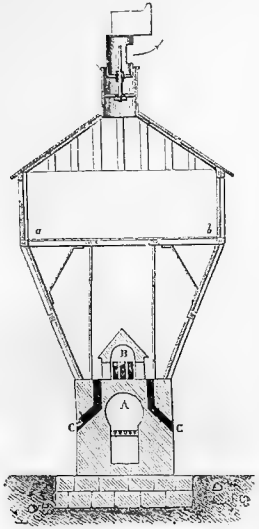


Fig. 259. — Touraille ou étuve des brasseurs.

On rend la dessiccation plus active et plus régulière par des pelletages fréquents ; elle dure environ quarante-huit heures. On passe alors le grain au tarare pour le débarrasser des radicelles ou *touraillons*, que la chaleur a rendues très-cassantes ; la perte est d'environ 25 pour 100. L'orge nettoyée prend le nom de *malt*. On la réduit en farine grossière au moyen de meules horizontales ou de cylindres superposés ; elle est désormais propre à la fabrication de la bière.

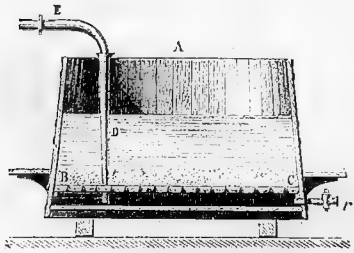


Fig. 260. — Cuve-matière.

On commence par faire éprouver au malt la saccharification en le faisant tremper pendant trois heures environ dans de l'eau à 50 ou 60° (80° en Angle-

terre). On se sert pour cela d'une grande cuve, dite *cuve-matière* A (*fig.* 260), munie d'un double fond BC, percé de trous coniques dont le grand diamètre est tourné vers le bas, afin d'éviter l'engorgement. C'est sur ce faux fond qu'on étale le malt en couche de 30 à 40 centimètres, et c'est par-dessous qu'on fait arriver de l'eau à 60° au moyen d'un tuyau DE.

Pour 38 hectolitres de malt, on introduit dans la cuve 27 hectolitres d'eau, en agitant vivement à bras d'homme, ou plus généralement au moyen d'agitateurs mécaniques; au bout d'une demi-heure, on fait arriver de nouveau 20 hectolitres d'eau à 90°; on brasse fortement; on saupoudre de malt fin la surface du liquide de manière à concentrer la chaleur, qui est à peu près de 70°, et, pour la même raison, on couvre la cuve avec soin.

C'est pendant cette infusion, qu'on prolonge pendant une heure et demie à deux heures, que la diastase rend l'amidon soluble et le convertit successivement en dextrine et en glucose. L'eau se charge donc de sucre, de dextrine et des autres principes solubles de la graine. On la soutire, par le robinet *r*, pour la diriger dans un réservoir de 1000 litres de capacité, dit *cuve-réverdoire*, d'où une pompe l'élève dans un autre réservoir supérieur disposé de manière à pouvoir alimenter les chaudières de cuite.

On retire de ce premier *brassin* 30 hectolitres de moût; le surplus de l'eau est retenu par le malt. On fait subir à ce dernier deux nouvelles infusions, la deuxième avec 34 hectolitres d'eau à 90°, la troisième avec 27 hectolitres d'eau presque bouillante. Le deuxième brassin est réuni au premier; le troisième sert à préparer de la petite bière très-faible.

Les 38 hectolitres de malt fournissent à peu près 494 kilogr. de matières sucrées ou mucilagineuses, répartis dans les 108 hectolitres d'eau employés pour les trois brassages; ces quantités ne donnent, en définitive, que 68 hectolitres de bière ordinaire.

Le malt, qui est presque complétement épuisé de tous ses principes utiles, est vendu pour la nourriture des chevaux et du bétail sous le nom de *drèche*.

Le moût de bière ne pourrait se conserver; il éprouverait promptement la fermentation acide; il renferme encore beaucoup de dextrine qui a besoin d'être saccharifiée, d'albumine qui doit être isolée. C'est pour obtenir ces différents résultats qu'on le fait cuire

avec les fleurs ou cônes du houblon, qui lui cèdent une huile essentielle aromatique, un principe amer et du tannin. On met d'autant plus de houblon qu'on veut avoir une bière plus forte et de plus longue garde. En France, on en emploie beaucoup moins qu'en Angleterre et en Allemagne ; 450 à 500 grammes par hectolitre de

Fig. 261. — Houblon femelle.

Fig. 262. — Fleur ou cône de houblon.

malt pour la bière double ordinaire, et 80 grammes seulement pour la petite bière. Dans le Midi, on substitue quelquefois la bruyère au houblon.

Cette dernière plante (*fig.* 261), à tiges grimpantes et herbacées, de 3 à 5 mètres de haut, est cultivée très en grand en Angleterre, en Flandre, en Alsace, à cause de ses fleurs, qui sont la seule partie qu'on utilise. Ces fleurs consistent en écailles nombreuses verdâtres, disposées en cône (*fig.* 262). On les récolte à l'automne et on les sèche.

On rapporte les propriétés du houblon à une poussière jaune, odorante, amère et résineuse, nommée *lupuline*, qui est disséminée entre les écailles florales. Les houblons du commerce sont d'autant meilleurs qu'ils sont plus chargés de cette poussière ; on place en tête ceux de Bavière, d'Alsace, de Lorraine, et au dernier rang ceux de Belgique.

Après une coction pendant deux, trois ou quatre heures, suivant

la nature de la bière, dans une grande chaudière en cuivre (*fig.* 263), on fait passer le liquide dans un bac très-large et peu profond, dit *bac à repos*, où il se clarifie, puis on le ramène le plus rapidement possible à la température de + 15° en le faisant couler dans de vastes bacs peu profonds nommés *rafraîchissoirs*. Il arrive alors dans une cuve très-profonde, nommée *cuve-guilloire* ou *cuve à fermentation*.

Là, on y délaye une petite quantité de levûre de bière ou de ferment provenant d'opérations précédentes, et bientôt la fermentation alcoolique se développe et marche avec une grande activité pendant quelques jours. Dès qu'elle est terminée, on soutire la bière dans de petits tonneaux rangés les uns à côté des autres au-dessus de baquets. La fermentation se ranime ; une écume très-épaisse se forme et sort par la bonde ; on remplit les tonneaux avec de la

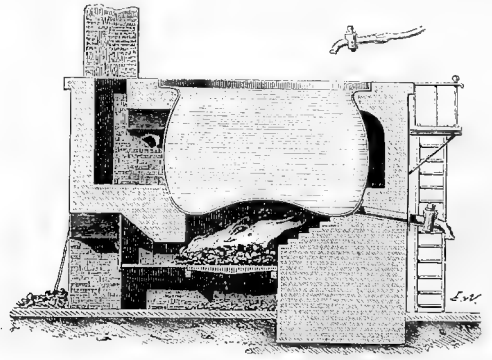


Fig. 265. — Chaudière de cuite.

bière claire, et quand il ne se produit plus d'écume ou de levûre, on livre le liquide à la consommation.

On colle la bière comme le vin ; trois jours après, elle est claire et buvable. Si on la met en bouteilles, elle devient mousseuse au bout de huit à dix jours. Pour qu'elle mousse plus vite et plus fortement, on y ajoute un peu de mélasse ou de sirop.

La bière bien préparée se conserve, en général, d'autant plus longtemps qu'elle est plus forte, c'est-à-dire que la proportion de

houblon employé est plus considérable, et qu'elle est plus riche en alcool. Toutefois, à l'exception de certaines espèces de bière préparées en Angleterre, en Belgique et dans le Nord de la France, et qui peuvent être gardées plusieurs années sans s'altérer, la bière ordinaire devient promptement acide, et doit être bue dans les trois ou quatre mois qui suivent sa préparation.

Dans quelques pays, on remplace l'orge, en tout ou en partie, par d'autres céréales. A Louvain, on y mêle des grains moulus, mais non germés, d'avoine et de blé, qu'on nomme *graines crues*. Le même mélange, en proportions diverses, est fréquemment employé en Hollande, en Angleterre, en Pologne.

C'est de la différence dans les quantités d'orge, de houblon et des substances accessoires qui entrent dans la composition de la bière, et aussi du mode de fabrication, du degré plus ou moins avancé de germination, de fermentation et de torréfaction du grain, etc., que résultent les diverses espèces de bières qu'on trouve dans le commerce. Ces espèces sont innombrables. Néanmoins, comme elles doivent toujours être accommodées au goût et aux habitudes des consommateurs, les procédés généraux en usage dans chaque pays donnent aux produits de ce pays une sorte de cachet local ou national qui permet de les distinguer aisément.

La composition des bières est très-complexe, puisqu'on y trouve :

Beaucoup d'eau,
Des quantités variables d'alcool (5 pour 100 en moyenne),
De petites quantités de sucre,
— — de dextrine,
— — de matière extractive brune,
— — de substances albumineuses de différentes espèces,
— — de matière grasse jaune, huileuse, à odeur de malt,
— — de la substance amère et résineuse du houblon,
— — d'acide tannique,
— — d'extrait de levûre,
— — de sels ammoniacaux provenant de l'altération de celle-ci,
— — d'acide lactique libre et de lactates,
— — d'acide acétique et d'acétates,
— — de malates,
— — d'un acide dérivé du sucre,
Des chlorures de sodium et de potassium,
Du sulfate de potasse,
Des phosphates de potasse, de soude, de chaux et de magnésie,
De la silice et de l'oxyde de fer,
Enfin, plus ou moins d'acide carbonique, 1/2 pour 100 en volume dans la bière non mousseuse ; de 8 à 25 et 26 pour 100 dans les bières mousseuses.

La bière doit à la forte proportion d'eau qu'elle contient la propriété d'apaiser la soif. Par son alcool, elle est stimulante : par son acide carbonique, elle est rafraîchissante; les principes amers et aromatiques du houblon la rendent légèrement tonique et excitante ; enfin, le sucre, la dextrine, les matières extractives, albumineuses et grasses, les sels minéraux dans lesquels la potasse et l'acide phosphorique dominent, en font une boisson très-nourrissante.

L'ensemble des matières solides s'élève, d'après M. Payen, à 48 grammes par litre; on peut attribuer à ces 48 grammes de matières, d'après ce chimiste, un pouvoir nutritif égal à celui d'un poids égal de pain. Keller pense avec beaucoup de raison que la quantité d'acide phosphorique contenu dans la bière est une des conditions déterminantes de son pouvoir nutritif.

La bière est donc plus nourrissante que le vin et le cidre ; elle développe rapidement chez beaucoup de personnes l'obésité et la pléthore ; c'est à l'usage continuel des bières fortes qu'il faut attribuer l'embonpoint des Flamands et des Hollandais.

Il faut éviter les bières fortes, mal préparées, troubles, trop chargées de levûre, parce qu'elles sont lourdes, laxatives, et ne boire à l'ordinaire que des bières récentes, claires, légères, peu chargées d'acide carbonique.

Les bières s'altèrent facilement, surtout pendant les chaleurs de l'été ; elles deviennent acides, parfois même putrides ; il ne faut plus en faire usage dans cet état, car elles exercent alors une fâcheuse influence sur la santé.

FABRICATION DES EAUX-DE-VIE ET DES ESPRITS.

Vous le savez, c'est par la distillation qu'on extrait des boissons fermentées l'*esprit* ou l'*alcool* qui s'y trouve. Elles diffèrent singulièrement les unes des autres sous le rapport de leur richesse en ce principe, ainsi que le tableau suivant va vous le démontrer :

Quantités d'alcool pur contenues dans 100 p. de liqueur, en volumes.

Vin de Madère,	20,48	Vin du Rhin,	11,11
— de Porto,	20,22	— de Bordeaux rouge le plus spiritueux,	11,00
— du Roussillon,	16,67	— de Bordeaux rouge le moins spiritueux,	7,5 à 8
— de Malaga,	15,87	— de Bourgogne rouge,	7,66
— de Narbonne,	15,00		
— de Champagne mousseux	11,60		

Quantités d'alcool pur contenues dans 100 p. de liqueur, en volumes.

Poiré normand,	8,33	Bière de Lille, supérieure,	4,46
Cidre de la vallée de la Dive,	7,40	— de Lyon,	4,13
— d'Isigny,	3 à 4		
Ale de Burton,	8,16	— double de Paris,	2,50
Bière moyenne anglaise,	6,32		
— de Strasbourg nouvelle,	5,00	Petite bière de Paris,	1,00

Pour déterminer la richesse alcoolique d'une liqueur quelconque, on fait usage du petit alambic de Descroizilles (*fig.* 264), mais que Gay-Lussac a perfectionné. Il se compose d'une petite cucurbite de cuivre A, surmontée d'un chapiteau B portant à sa

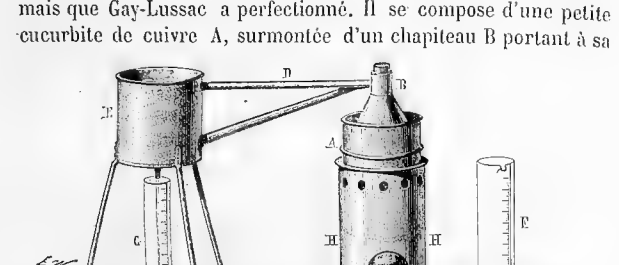


Fig. 264. — Alambic de Gay-Lussac pour l'essai des vins et autres liqueurs alcooliques.

partie supérieure et latérale une ouverture qui est en communication avec l'extrémité d'un tube D contourné en spirale et placé dans un réfrigérant en cuivre E.

Soit un vin à essayer. On en mesure 150 millilitres au moyen d'une cloche à pied F portant 500 divisions ; on les introduit dans l'alambic placé dans un manchon en tôle HH, faisant office de fourneau, et on chauffe avec une lampe à esprit-de-vin. On recueille le produit de la distillation dans une petite éprouvette à pied G graduée en millilitres comme la précédente, mais dont 100 divisions ne représentent que 50 millilitres de celle-ci. On a soin de renouveler l'eau du réfrigérant à mesure qu'elle s'échauffe et d'humecter continuellement la toile dont on entoure le tuyau du chapiteau.

On arrête l'opération lorsque le liquide distillé occupe les 100 di-

visions de l'éprouvette G ; c'est précisément le tiers du vin employé. Au moyen de l'alcoomètre centésimal de Gay-Lussac on constate sa richesse alcoolique, et, en divisant par 3 le nombre qui la représente, on a celle du vin employé.

Si donc les 50 millilitres d'alcool aqueux obtenu marquent 24°,5 à l'alcoomètre, à la température de + 15°, on dira

$$\frac{24,5}{3} = 8,166$$

on en conclura que le vin essayé renferme 8,16 pour 100 d'alcool anhydre ou absolu.

On obtenait autrefois l'eau-de-vie en soumettant à la distillation à feu nu dans un alambic ordinaire (*fig.* 265) la boisson fermentée,

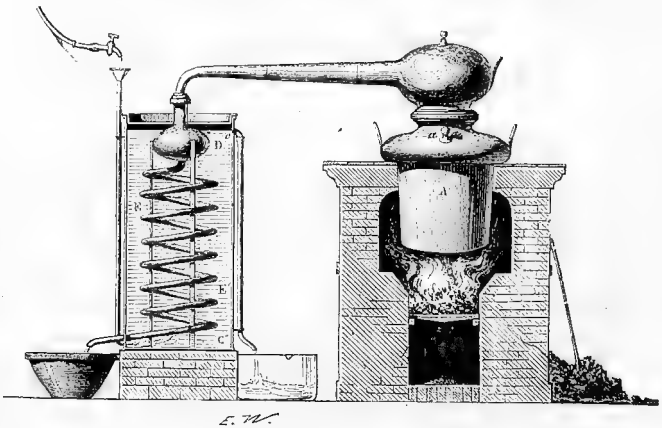


Fig. 265. — Alambic ordinaire.

notamment le vin, et en rectifiant plusieurs fois le produit jusqu'à ce qu'il marquât 19° Cartier pour l'*eau-de-vie ordinaire*, et 21 à 22° pour l'*eau-de-vie forte*.

Suivant les pays et la nature des boissons fermentées, les produits spiritueux de la distillation ont reçu des noms différents qu'il est utile de connaître, au moins pour ceux de ces produits qui sont consommés en Europe.

Noms des esprits.	Liqueurs fermentées qui les fournissent.	Pays où on les fabrique.
Esprit-de-vin ou eau-de-vie faible,	Vin	France.—Europe méridionale.
Esprit ou eau-de-vie de fécule ou de pommes de terre,	Fécule, pulpe de pommes de terre, glucose,	France. — Europe septentrionale.
Esprit ou eau-de-vie de betterave,	Suc, pulpe ou mélasse de betterave,	Id.
Esprit ou eau-de-vie de riz,	Riz saccharifié et fermenté,	Id.
Esprit ou eau-de-vie de grains,	Bière ou graines céréales fermentées,	Id.
Genièvre ou gin.	Bière ou graines avec baies de genièvre,	Id.
Squidam,	Eau-de-vie de grains,	Hollande.
Goldwasser,	Bière ou graines céréales avec aromates,	Dantzick.
Whisky,	Orge, seigle, pommes de terre, prunelles sauvages,	Écosse, Irlande.
Kirschenwasser ou kirsch.	Cerises sauvages ou mérises écrasées et fermentées avec leurs noyaux,	Suisse, Allemagne, Vosges, Meurthe.
Maraschino,	Id.,	Zara (Dalmatie).
Zwetschkenwasser,	Variété de prunes, nommées *Couètches*,	Allemagne, Hongrie, Pologne, Suisse Alsace, Vosges.
Raki,	Prunes diverses,	Hongrie.
Troster,	Marc de raisin et graminées,	Bords du Rhin.
Tafia,	Moût de la canne à sucre,	Antilles.
Rhum ou rum.	Mélasse et écumes de sirop de canne,	Id.

Tous ces liquides spiritueux, tels qu'on les obtient du premier jet, et même après une rectification convenable, portent avec eux le cachet de leur origine.

Ainsi le *kirsch*, le *marasquin de Zara*, le *raki*, l'*eau de noyaux*, etc., doivent leur arome particulier à de petites quantités d'acide cyanhydrique;

Les eaux-de-vie de grains, de bière, le *whisky*, le *goldwasser*, le *squidam* sont infectés par une huile particulière, nauséabonde, analogue à l'*éther œnanthique* du vin;

Les eaux-de-vie de pommes de terre, de betterave, de mélasse de betterave renferment une huile spéciale, âcre, d'odeur

repoussante, qui est un véritable alcool, qu'on appelle *amylol* ou *alcool amylique* ($C^{10}H^{12}O^2$) ;

Les eaux-de-vie de marc de raisin contiennent, outre l'éther œnanthique et l'alcool amylique, une autre huile, l'*alcool propylique* ($C^6H^8O^2$), pourvue d'une odeur enivrante de fruits, et parfois un troisième alcool nauséabond, l'*alcool caproylique* ($C^{12}H^{14}O^2$) ;

Les eaux-de-vie de cidre paraissent devoir leur arome et leur propriété enivrante à une huile essentielle identique à celle des amandes amères ; on y trouve aussi de petites quantités d'acide benzoïque ;

Le *gin* ou *genièvre* doit sa saveur âcre et brûlante, son arrière-goût strangulant, à l'huile essentielle des baies de genièvre qu'on ajoute à l'eau-de-vie de grains pour masquer l'odeur peu agréable de l'éther œnanthique ;

Pour le *rhum*, le goût spécial, si cher aux gourmets, est communiqué par de la râpure de cuir sur laquelle on laisse macérer l'esprit presque inodore qu'on retire, aux Colonies, des mélasses et écumes de sirop de canne après leur fermentation.

Il est incontestable que tous ces principes huileux à odeur forte, qui sont étrangers à l'alcool proprement dit, et qui se produisent le plus habituellement pendant la fermentation des moûts, communiquent au liquide qui les renferme des propriétés plus ou moins malfaisantes.

De toutes les eaux-de-vie que l'on boit, les meilleures sont celles qu'on extrait des vins blancs qui, ayant fermenté sans la peau du raisin, n'ont pu se charger de l'huile âcre et pénétrante qu'elle renferme. Les plus estimées sont celles de la Saintonge, de l'Angoumois et du Languedoc, et notamment celles de Cognac, dans la Charente.

Lorsque l'eau-de-vie vient d'être obtenue, elle est incolore, quelle que soit la substance qui l'a fournie. Si, à cette époque, on la transvasait immédiatement dans des bouteilles, comme cela se pratique pour le kirsch, il est certain qu'elle ne contracterait aucune couleur ; mais comme on a l'habitude de la conserver dans des tonneaux de chêne, elle attaque et dissout une certaine quantité de matières solubles et surtout de la matière colorante du bois, et elle prend dès lors une couleur jaune doré.

Très-souvent les débitants fabriquent eux-mêmes leurs eaux-de-

vie en coupant les *trois-six* avec de l'eau pour les ramener à 19°, colorant le mélange avec du caramel, du suc de réglisse ou du cachou, et l'aromatisant de diverses manières. Ces eaux-de-vie factices n'ont jamais la saveur agréable des eaux-de-vie naturelles, surtout lorsqu'au lieu d'employer l'esprit-de-vin proprement dit, on s'est servi du *troix-six* provenant des grains, de la betterave ou de la pomme de terre.

Voyons maintenant comment on fabrique en grand ces différents alcools.

Alcool de betterave. — Voici comment on opère dans le nord de la France :

Les betteraves sont lavées, râpées et pressées à l'aide des instruments employés dans les sucreries. Les jus, qui s'élèvent à 80 ou 85 pour 100 du poids des racines, sont réunis dans une chaudière où l'on élève leur température à + 25°, puis conduits dans les cuves à fermentation. On les additionne alors de 1 à 2 kilogr. 1/2 d'acide sulfurique, par 1000 litres, suivant la richesse du moût et particulièrement suivant la quantité de matières étrangères qu'il contient. Cette addition, en communiquant au liquide une réaction acide, soit directement, soit par suite de la décomposition de sels alcalins et calcaires à acides organiques, s'oppose au développement des ferments visqueux et lactique, et active la fermentation alcoolique en transformant le sucre cristallisable en sucre interverti. On met l'opération en train, en ajoutant par hectolitre de jus de 50 à 60 grammes de levûre de bière ; le ferment naturel à la betterave fait ensuite le reste.

La réaction qui ne tarde pas à s'effectuer dans les cuves détermine une élévation de température qui va jusqu'à 23, 30 et même 35°, et un dégagement d'acide carbonique qui produit une grande quantité de mousse; pour éviter qu'elle ne déborde, on dissout ou l'on délaye dans la masse du liquide un peu de savon vert, d'huile ou de dégras.

A mesure que la fermentation avance, la densité du moût, qui était primitivement de 5 à 6° Baumé, décroît progressivement et arrive à 1° ou même à 0° ; en même temps le dégagement de l'acide carbonique diminue et cesse enfin presque complétement. Le liquide est alors envoyé à l'appareil distillatoire.

1000 kilogrammes de betteraves donnent, en moyenne, 35 litres d'alcool à 95° centésimaux.

Alcool de mélasse de betterave. — On charge les cuves avec 1800 kilogr. de mélasse, marquant de 40 à 41° Baumé. On délaye cette matière avec de l'eau chaude et on achève de remplir les cuves avec de l'eau froide, en laissant 10 centimètres de vide au-dessous de leurs bords. Le liquide doit marquer de 7°,4 à 7°,6 à l'aréomètre, et avoir une température de + 24 à 25°. On y ajoute environ 4 millièmes d'acide sulfurique, qu'on étend de 7 à 8 fois son volume d'eau, avant de le verser dans les cuves.

On introduit alors dans celles-ci 25 à 30 kilogr. de levûre pressée, délayée à l'avance dans du moût déjà en fermentation ; on brasse le tout avec un râble et on couvre les cuves. Au bout de quelques heures, un chapeau se forme à la surface ; il est blanc quand les choses marchent régulièrement ; on l'abat avec un peu de dégras, quand la fermentation est dans son plein, et on découvre les cuves.

L'opération dure de trente à quarante heures. Le liquide alcoolisé ne marque plus que 1°,5 à 2° à l'aréomètre. Par la distillation, on en retire 24 à 25 litres d'alcool absolu par 100 kilogr. de mélasse.

Fig. 266. — Seigle d'hiver.

Alcool de grains. — C'est ordinairement le seigle (*fig.* 266) qu'on emploie presque partout ; quelquefois on y mélange plus ou moins d'orge, ou de blés avariés.

A 100 kilogr. de grain concassé ou réduit en farine, on ajoute 25 kilogr. de malt de brasseur, on délaye dans 1 hectolitre d'eau à 35 ou 40°, puis, lorsque le mélange est bien homogène, on y fait arriver peu à peu 2 1/2 à 4 hectolitres d'eau bouillante, de manière à

porter la masse de 50 à 55°. On laisse en macération pendant deux

Fig. 267. — Riz commun.

Fig. 268. — Millet ou Dari.

à quatre heures, pour que la saccharification du grain s'effectue.

Lorsqu'elle est terminée, on introduit assez d'eau froide pour abaisser la température du moût jusqu'à 15 ou 20°, puis on met en levain. Quarante-huit heures après, la fermentation alcoolique est terminée; on peut distiller. 100 kilogr. de grains fournissent 29 litres d'alcool à 95°.

Les vinasses ou les marcs des chaudières sont utilisés à la nourriture des bestiaux, en mélange avec des pailles et du foin hachés.

Alcool de riz. — Pour le *riz* (*fig.* 267), pour le *millet* ou *dari* (*fig.* 268), pour le *maïs* ou *blé de Turquie* (*fig.* 269), on agit tout autrement.

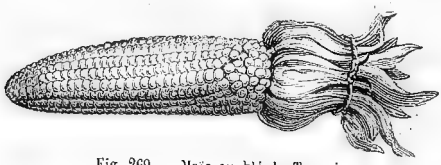


Fig. 269. — Maïs ou blé de Turquie.

Les grains entiers ou concassés sont mis dans une cuve pareille à celle qui sert à la fabrication du glucose, avec 4 fois leur poids d'eau et 6 pour 100 d'acide sulfurique à 66°, ou 10 pour 100 d'acide chlorhydrique. On porte le tout à l'ébullition au moyen d'un courant de vapeur, et on le maintient pendant quatorze à seize heures, si l'on opère avec l'acide sulfurique, ou pendant neuf à dix heures, si c'est avec l'acide chlorhydrique. Au bout de ce temps, la saccharification est complète.

On fait alors écouler le sirop brun obtenu dans un réservoir inférieur, où on le sature avec de la craie; on l'étend ensuite d'eau froide, de manière à ramener le mélange à la densité de 1040 environ, et la température à 22 ou 24°. On met ensuite en fermentation.

Les riz de bonne qualité fournissent par 100 kil., 35 litres 3 d'alcool à 95° de très-bon goût; le maïs, de 20 à 25.

Alcool de pommes de terre. — On opère de la même manière sur la fécule de pommes de terre; mais quand on agit avec les tubercules entiers, on se sert de la diastase

Tantôt, on cuit les pommes de terre à la vapeur et on les réduit en bouillie claire. A 100 kil. de pulpe cuite, on ajoute 6 kil. 1/4 de malt, et on met en levain avec 250 grammes de bonne levûre de bière. On retire de 50 à 55 litres d'alcool à 50°.

Tantôt les pommes de terre crues sont réduites en pulpe par le râpage, mises dans une cuve à double fond où on les laisse égoutter une demi-heure environ, afin de les priver de la majeure partie de leur eau de végétation ; puis on introduit dans la cuve 1000 à 1200 litres d'eau bouillante, par 1000 kil. de pulpe, on y mélange 70 kil. de malt et on brasse le tout. Au bout de trois heures, on soutire le liquide clair, on lave le marc à deux reprises différentes avec 500 litres d'eau à chaque fois, on réunit tous les liquides et on les met en fermentation avec 2 kil. de levûre sèche.

Dans ce dernier cas, les marcs de distillation peuvent servir à la nourriture des bestiaux, et l'alcool obtenu est supérieur en qualité.

Appareils distillatoires. — Les appareils au moyen desquels on obtient aujourd'hui l'eau-de-vie et les esprits sont bien différents de ceux qui servaient il y a soixante ans. A la place de l'alambic ordinaire, qui ne donne que des produits très-faibles, qu'il faut rectifier un grand nombre de fois, et qui ont toujours d'ailleurs un goût de feu ou d'empyreume, on opère dans des appareils à marche continue et qui permettent d'extraire, d'un seul coup, tous les degrés de spirituosité.

La première idée en est due à Édouard Adam, de Rouen, qui après avoir découvert, comme le comte de Rumfort, le principe d'échauffement des liquides par la condensation des vapeurs, songea à en faire l'application à la distillation du vin, et à mettre en ébullition une quantité donnée de celui-ci, par la transmission des vapeurs de ce même liquide. Ses essais furent couronnés d'un plein succès, car il obtint, du premier coup, au lieu d'eau-de-vie, de l'esprit à 85° centésimaux, autrement dit du *trois-six*.

Cette découverte qui a révolutionné l'art de la distillation dans le Midi et qui a tant contribué à la richesse de cette région, a été perfectionnée, dans ses détails et modes d'exécution par Cellier Blumenthal, Derosne et Cail, Laugier, Dubrunfaut, Savalle, Egrot, etc.

L'appareil de Dubrunfaut, le plus généralement employé, surtout dans les usines du Nord, se compose :

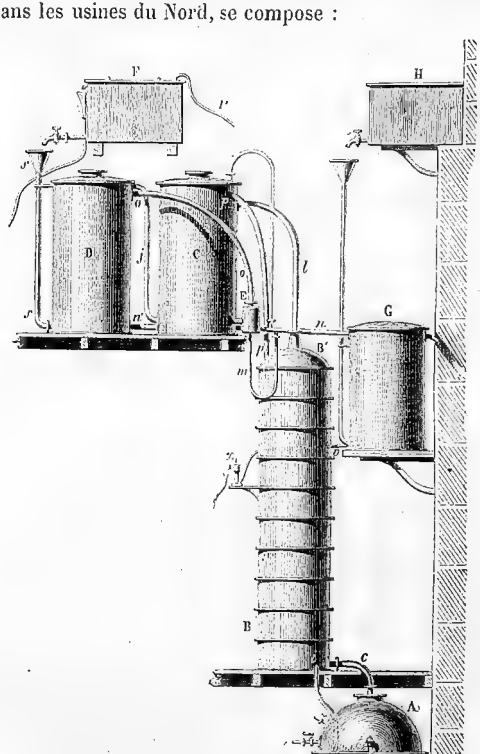


Fig. 270. — Appareil Dubrunfaut.

1° D'une *chaudière* A (*fig.* 270), qui reçoit une certaine quantité du liquide à distiller. Elle est munie d'une double enveloppe dans laquelle on fait arriver de la vapeur par le tuyau *b*.

2° D'une *Colonne à distiller* BB', contenant 18 plateaux et communiquant avec la chaudière par deux tubes : l'un *c*, se terminant à la partie supérieure de celle-ci, amène les vapeurs hydro-alcooliques qui s'en échappent dans la colonne ; l'autre, *ii*, plongeant jusqu'au fond, conduit le liquide de la colonne dans la chaudière.

3° De deux serpentins, dits *chauffe-vin* C, D, placés dans des réfrigérants qu'on tient sans cesse remplis de vin. Les vapeurs alcooliques arrivent de la colonne par le tube *l* dans le serpentin du premier chauffe-vin ; la partie aqueuse se condense et tombe dans un vase E, appelé *vase analyseur*, d'où elle s'écoule par les tubes *m* et *n*, tandis que la partie alcoolique s'échappe par le tube *oo* dans la partie supérieure du serpentin du second chauffe-vin, où elle se condense à son tour.

4° D'un *réservoir à vin* F, alimenté par une pompe au moyen du tube montant *r* ; il fournit le liquide par l'entonnoir et le tube *ss* au réfrigérant du chauffe-vin D. Ce liquide échauffé passe de la partie supérieure du réfrigérant D à la partie inférieure du réfrigérant C au moyen du tube *j*, et de ce dernier il s'écoule par un autre tube *pp* dans la colonne à distiller.

5° D'un *réfrigérant* G, où s'achèvent la condensation des vapeurs et le refroidissement de l'alcool ; il est alimenté par l'eau froide provenant du réservoir H. Le liquide alcoolique s'écoule par le tube *v* dans l'éprouvette *x*, contenant un alcoomètre et versant le liquide dans un réservoir spécial.

Vous comprenez qu'au moyen de ces dispositions les vapeurs hydro-alcooliques qui s'élèvent de la chaudière rencontrant, sur les plateaux de la colonne à distiller, le vin qui descend du réservoir, elles lui abandonnent de la chaleur, en dégagent la presque totalité de l'alcool, tandis que la partie aqueuse se rend dans la chaudière. — Les vapeurs de plus en plus alcooliques, en passant dans le chauffe-vin, y déposent encore une partie de leur eau et vont enfin se condenser complètement dans le réfrigérant G, d'où elles s'écoulent à l'état d'alcool froid en un filet dont le volume égale celui du vin qui sort du réservoir supérieur. De cette manière, la distillation une fois commencée, et le vin dépouillé d'esprit s'échappant sans interruption de la chaudière inférieure par le robinet *a'''*, tandis que le vin nouveau arrive incessamment du

réservoir supérieur, l'opération pourrait être continue, dans toute l'acception du mot, si l'intérieur des vases ne s'encrassait pas.

Comme l'alcool obtenu ainsi renferme toujours des acides organiques, des éthers, des huiles essentielles et diverses espèces de carbure hydrogène, qui lui communiquent, ainsi que je l'ai déjà dit, une odeur et une saveur désagréables, on est obligé de le rectifier pour l'amener à l'état d'*esprit bon goût* ou propre à la consommation.

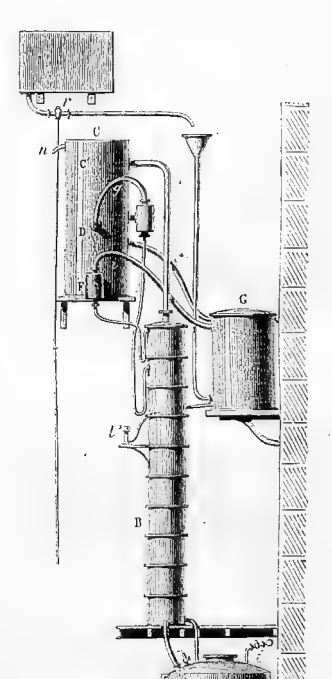


Fig. 271. — Rectificateur Dubrunfaut.

On pratique cette opération au moyen de l'appareil dit *rectificateur*, imaginé par M. Dubrunfaut (*fig.* 271). Il diffère fort peu de l'appareil précédent et fournit des produits *bon goût*, en isolant l'alcool des composés infects qui ne bouillent, en général, qu'à des températures bien supérieures à 100°.

La colonne de rectification B étant vide, on remplit aux trois quarts la chaudière A d'alcool faible à 49 ou 55°, et l'on fait arriver de la vapeur par le tube *a*. On maintient un courant d'eau assez fort dans tous les réfrigérants, de façon à ce qu'elle sorte presque froide par le trop-plein *n*. En continuant ainsi pendant plusieurs heures, les vapeurs alcooliques condensées dans la colonne et dans les serpentins remplissent les

vases formés par les plateaux de la première, tandis que les parties les plus aqueuses et les huiles essentielles, moins volatiles que l'alcool, retournent à la chaudière. Il n'arrive dans l'éprouvette *l* que les huiles les plus volatiles, que l'on recueille à part.

A ce moment, on diminue l'ouverture du robinet *r*, de façon à permettre à l'eau du chauffe-vin C d'atteindre la température de 50° environ. On modère, en même temps, l'arrivée de la vapeur pour n'avoir qu'une ébullition modérée. La condensation étant moins complète dans les deux serpentins C'D, superposés l'un à l'autre dans le réfrigérant C, une grande partie de l'alcool, au lieu de retourner à la colonne, passe en vapeur dans le réfrigérant G. On commence alors à recevoir dans l'éprouvette *l* de l'alcool à 94° centésimaux. On met à part les premières portions qui ont encore une odeur désagréable.

Les secondes, tant qu'elles se maintiennent entre 96° et 90° centésimaux, sont de l'alcool *bon goût*. Mais quand le degré descend à 89° et au-dessous, les produits infects ou les huiles lourdes distillent et on a soin de mettre à part tout ce qui passe de 89 à 40°. Ces esprits *mauvais goût* peuvent servir tels quels à quelques applications industrielles.

Quant aux produits qui distillent au-dessous de 40° centésimaux, et qu'on appelle *petites eaux*, on les rectifie de nouveau, ou on les fait rentrer dans de nouvelles opérations.

ACÉTIFICATION

On appelle ainsi la transformation des liqueurs alcooliques en *acide acétique* ou *vinaigre*.

C'est un fait bien connu que ces liqueurs, vin, bière, cidre, eau-de-vie faible, peuvent être conservées pendant de longues années en vases clos sans éprouver la moindre acescence, tandis que dans des vases ouverts, surtout à une température tant soit peu élevée (25 à 30°), elles s'aigrissent rapidement et se changent en ce qu'on nomme du *vinaigre*[1].

[1] Comme c'est d'abord sur le vin qu'on a constaté ce changement, on a donné au produit acide qui en résulte, le nom de *vin aigre*, d'où est venu naturellement le mot *vinaigre*. La connaissance de ce liquide acide et son emploi comme condiment remontent à la plus haute antiquité.

On retrouve dans ces liquides acidifiés tous les principes primitifs, moins l'alcool, qui a presque entièrement disparu, et comme la qualité du vinaigre dépend de la quantité des principes spiritueux des liquides qu'on acidifie, il en résulte évidemment que c'est aux dépens de leur alcool que se produit l'*acide acétique*.

Ce résultat est dû à ce que l'oxygène de l'air, en enlevant une partie de l'hydrogène de l'alcool, pour former de l'eau, et en se fixant en petite quantité sur le restant des éléments de ce liquide, le convertit en acide acétique, ainsi qu'on le voit par l'équation suivante :

Alcool.		Acide acétique anhydre.	Eau.
$C^4H^6O^2 + O^4 =$		$C^4H^3O^3$	$+ {}_3HO$

Mais pour que cette transformation se produise, il faut absolument l'intervention de matières organiques azotées et phosphatées, et de plus, comme le prétend M. Pasteur, la présence d'un champignon microscopique en pleine végétation. Ce champignon, nommé *mycoderme du vinaigre*, constitue cette pellicule mince qu'on voit se former dans les tonneaux des vinaigriers et qu'on désigne vulgairement sous le nom de *fleur de vinaigre*. En se développant au contact de l'air, ce mycoderme prend l'oxygène de l'air pour le fixer sur l'alcool et le changer en acide acétique.

Quoi qu'il en soit, voici comment on opère généralement dans les pays vignobles, et notamment à Orléans, pour fabriquer le vinaigre qui sert aux usages de la table.

Dans un atelier où la température peut être maintenue entre + 25 et 30°, on dispose 4 rangées de tonneaux debout les uns sur les autres, en choisissant de préférence ceux qui ont déjà servi parce qu'ils sont imprégnés de ferment ; on les nomme *mères de vinaigre*. Ces tonneaux, de 250 litres au plus, sont percés de 2 trous à leur couvercle supérieur, l'un pour l'introduction du liquide, l'autre pour la sortie des gaz.

On verse d'abord dans chaque tonneau une certaine quantité de très-bon vinaigre bouillant ; puis, tous les 8 jours, on y introduit 10 à 12 litres de vin généreux et clair, rouge ou blanc, qui a filtré sur des copeaux de hêtre. En moins de quinze jours, l'acétification est complète. On soutire alors la moitié du vinaigre de chaque tonneau, et on recommence l'opération avec de nouveau vin.

Le vinaigre de vin blanc est le plus estimé. Les vinaigres de bière, de cidre, de poiré, de sucre, ne valent jamais ceux du vin.

Le bon vinaigre d'Orléans a une odeur agréable, une saveur acide et piquante ; il marque 2 à 3° au pèse-acide ; le vinaigre de cidre ne pèse que 2°, et le vinaigre de bière 3°,20.

Un autre procédé, beaucoup plus expéditif que celui d'Orléans, et connu sous le nom de *procédé allemand*, parce qu'il a été imaginé, il y a une trentaine d'années, par les chimistes allemands Wagemann et Schutzenbach, consiste à faire couler lentement, mais d'une manière continue, le liquide qu'on veut acidifier, dans un tonneau (*fig.* 272) rempli de copeaux de hêtre, trempés à l'avance dans du vinaigre fort.

Fig. 272. — Fabrication du vinaigre par le procédé allemand.

Ce tonneau est percé vers le bas de petits trous *o,o,o*, et muni de tubes *tt'* à son couvercle A, afin d'entretenir dans l'intérieur un courant d'air non interrompu ; l'un des tubes, *t'*, sert à l'introduction des liquides, l'autre *t* au dégagement de l'air.

Le liquide, en se répandant uniformément sur les copeaux, par le moyen de petites cordes B, présente à l'air une très-grande surface, absorbe l'oxygène avec une telle rapidité, que la température s'élève jusqu'à 30°, et il est transformé à moitié en vinaigre ; il suffit de le verser sur un nouveau tonneau pour opérer en entier l'acétification, qui est terminée ainsi en quelques heures.

Ce procédé ne peut s'appliquer ni au vin, ni à la bière en nature. Le liquide dont on se sert est de l'eau-de-vie à 22 ou 25°, à laquelle on ajoute un millième environ d'une matière fermentescible quelconque (suc de pommes de terre, de betterave, de topinambour, moût fermenté d'orge ou de seigle, miel, etc.).

Ces *vinaigres d'alcool*, comme on les appelle, sont de qualité inférieure, parce qu'ils ne possèdent pas les principes volatils d'odeur agréable propres au vinaigre de vin. On ne s'en sert que pour les usages industriels.

FABRICATION DU TABAC

Une autre industrie qui rentre dans le cadre des précédentes, c'est la fabrication du tabac, dont l'usage est devenu malheureuse-

Fig. 273. — Tabac rustique.

Fig. 274. — Tabac à larges feuilles.

ment si général. En France, cette industrie, comme le raffinage du salpêtre et la confection de la poudre à tirer, est monopolisée par le gouvernement, qui en retire annuellement un bénéfice net de

200 millions au moins. La consommation de ses produits sur le globe entier monte à plus d'un milliard.

La plante qui fournit le tabac appartient à la même famille (Solanées) que la pomme de terre et, comme celle-ci, elle est originaire de l'Amérique méridionale. Les botanistes la désignent sous le nom de *nicotiana tabacum* (*fig.* 273); elle a produit plusieurs variétés dont l'une, le *tabac à larges feuilles* (*fig.* 274), est cultivée

Fig. 273. — Tabac à feuilles étroites.

le plus généralement en Europe, et dont une autre, le *tabac à feuilles étroites* (*fig.* 275), est préférée en Virginie.

C'est vers 1518 que cette plante a été introduite en Europe par les Espagnols et les Portugais. Longtemps on l'a nommée *nicotiane* et *herbe à la reine*, parce que c'est Nicot, ambassadeur de France à Lisbonne, qui l'apporta à Catherine de Médicis en 1559. Ce sont les sauvages de l'Amérique qui enseignèrent aux Européens à fumer et à mâcher ou *chiquer* le tabac; mais l'usage de *priser* sa poudre a pris naissance sur notre continent.

Les feuilles de tabac renferment, outre les principes immédiats

communs à toutes les autres feuilles, une matière rouge azotée et un alcaloïde liquide, âcre et volatil, qui est la source du montant du tabac préparé et de son action narcotique délétère. Cet alcaloïde spécial ou la *nicotine* ($C^{20}H^{14}Az^2$), qui est naturellement combiné à l'acide acétique, n'entre que pour quelques millièmes environ dans les feuilles.

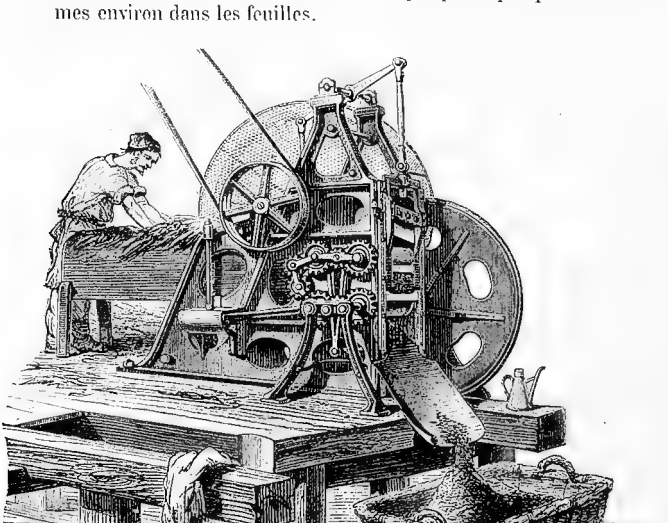


Fig. 276. — Machine à découper les feuilles de tabac.

Cette *nicotine* est un poison si actif que 4 ou 5 gouttes suffisent pour tuer un chien. Vous comprenez facilement, d'après cela, les maux de tête, les vertiges, le narcotisme, et cette sorte d'hébétement continuel qu'éprouvent ceux qui font un usage immodéré du tabac, soit en le fumant, soit en aspirant sa poudre par le nez.

Séchées à la manière ordinaire, les feuilles de la nicotiane n'offrent jamais ce montant et cette propriété sternutatoire si développés dans le tabac du commerce, parce que la nicotine n'est pas mise en liberté. On leur fait acquérir ces qualités en les abandonnant en tas pendant un temps plus ou moins long, après leur dessiccation, et après les avoir arrosées avec une solution de sel marin.

La fermentation lente qui se produit dans ces masses de feuilles, paraît avoir pour résultat principal de décomposer la matière azotée et de donner naissance, par là, à de l'ammoniaque. Les premières portions de cet alcali, en s'emparant de l'acide qui neutralise la nicotine, mettent cette dernière en liberté, et l'excédant d'ammoniaque lui sert de véhicule. Dès lors l'odeur propre au tabac se manifeste.

Lorsque la fermentation a été poussée assez loin, on hache le tabac à fumer, au moyen d'une machine spéciale, mue par la vapeur (*fig.* 276), et on dessèche les petites lanières qui en provien-

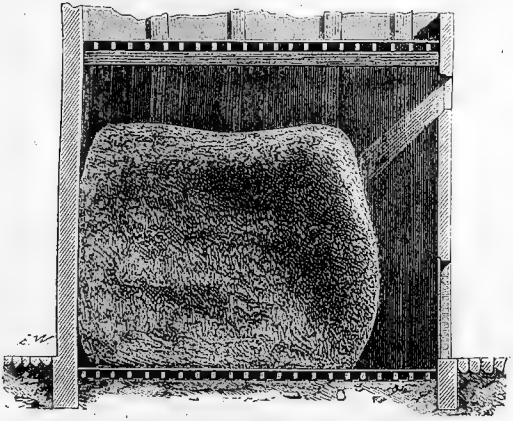


Fig. 277. — Chambre de fermentation pour le tabac à priser.

nent sur des tuyaux de cuivre chauffés à la vapeur, ou dans un torréfacteur mécanique imaginé par M. Rolland. On a ainsi ce qu'on appelle du *scaferlati*.

☞ Pour le tabac à priser, on fait subir aux feuilles une seconde fermentation, en les empilant dans de vastes chambres de bois (*fig.* 277); après plusieurs mois de séjour, on les passe, pour les broyer, dans de grands moulins analogues aux moulins ordinaires à café (*fig.* 278). La poudre est tamisée, arrosée d'eau salée, puis

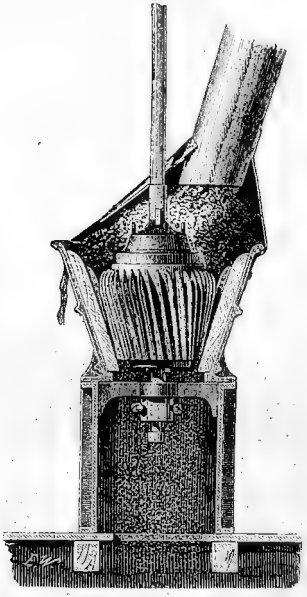


Fig. 278. — Moulin à broyer les feuilles de tabac.

abandonnée, dans de vastes cases de bois, à un nouveau degré de fermentation qui exalte davantage l'odeur et produit une coloration noirâtre de toute la masse.

Les tabacs les plus estimés sont ceux de Cuba, du Maryland, de Virginie. C'est véritablement en France qu'on fabrique le mieux les produits de ce genre.

CONSERVATION DES MATIÈRES ORGANIQUES

Parmi les divers moyens qui permettent de retarder les progrès destructeurs de la putréfaction des matières organiques, plusieurs sont aujourd'hui exploités sur une très-grande échelle et constituent des industries fort importantes. Je vous signalerai les principales.

1. Conservation des matières végétales alimentaires.—Certaines plantes ou parties de plantes qu'on veut conserver en grandes masses, pour les expédier au loin, telles entre autres que le houblon destiné à la fabrication de la bière, le foin devant servir à la nourriture des chevaux, sont d'abord desséchées dans des étuves ou au soleil, puis soumises dans des balles de toile à une forte compression au moyen de la presse hydraulique. L'air et l'humidité ne peuvent plus pénétrer dans l'intérieur; leur action se borne tout au plus à dénaturer les couches superficielles.

Pour les légumes alimentaires de toute nature, on les soumet d'abord, pendant quelques minutes, à l'action d'une vapeur à 5 atmosphères, on les dessèche ensuite rapidement dans des étuves à double courant d'air, et, lorsqu'ils doivent être envoyés au loin, on les réduit à un très-petit volume par la presse hydraulique. La première idée de ce mode de conservation, qui laisse aux légumes leurs caractères de forme, de couleur, de saveur, d'arome, revient à MM. Masson et Gannal (1845-1853); c'est la maison Chollet et C^ie^ qui exploite avec le plus de succès cette nouvelle industrie de conserves végétales sèches. — Il suffit de faire tremper ces légumes desséchés dans l'eau froide ou tiède, pendant cinq à six heures, pour qu'ils reprennent leur volume et leur aspect primitifs.

Les *fruits secs*, qui forment un objet de commerce considérable entre le Midi et le Nord, les *pruneaux*, les *figues*, les *dattes*, les *jujubes*, les *raisins muscats*, les *poires tapées*, etc, sont desséchés au soleil, dans des étuves ou dans des fours. — Lorsque les fruits sont volumineux, on les coupe par tranches, pour faciliter l'évaporation de l'eau contenue dans le parenchyme charnu; c'est ainsi qu'on agit pour les poires et les pommes, qui servent à fabriquer des *piquettes*.

Certains fruits de dessert, tels que *prunes de reine-Claude, abricots, noix, petites oranges vertes* dites *chinois, ananas, cerises, marrons*, quartiers d'*oranges*, de *cédrats*, etc., sont confits dans du sirop de sucre fortement cuit, qui cristallise ensuite et les recouvre d'une couche de sucre en petits grains ou sous forme de pellicule mince, qui fait donner à ces fruits le nom de *fruits glacés*. On agit de la même manière pour les tiges d'*angélique*. C'est là une partie de l'art du confiseur, qui constitue pour certaines villes, entre autres Clermont-Ferrand, une industrie des plus importantes.

D'autres fois c'est l'alcool qu'on emploie comme agent de conservation, principalement pour les cerises, les prunes, les abricots, les pêches, les poires, le vert-jus, etc. Tantôt on place les fruits dans de l'eau-de-vie additionnée de sirop de sucre (cerises, vert-jus, abricots, pêches); tantôt on les plonge auparavant dans le sirop bouillant (prunes); tantôt enfin, on leur fait subir une légère cuisson préalable (poires).

Le vinaigre de vin blanc est depuis fort longtemps employé pour confire les cornichons, les épis jeunes de maïs, les câpres, les haricots verts, les petits pois, le piment rouge, les petits oignons blancs. Ces matières ne constituent pas des aliments proprement dits, mais de simples condiments ou assaisonnements dont on fait surtout un grand usage dans les pays chauds et dans le nord de l'Europe.

2. Conservation des matières animales alimentaires. — Les viandes, les poissons, les œufs, le lait sont encore plus altérables que les substances végétales. On en assure la durée de diverses manières.

Pour les viandes, tantôt on les découpe par lanières qu'on dessèche au soleil, ainsi que cela se pratique dans les contrées les plus chaudes de l'Amérique méridionale; c'est ainsi qu'on obtient ce qu'on appelle le *Tasajo* ou le *Charqué*, qui est l'objet d'expéditions assez importantes pour les contrées aurifères et pour les colonies des tropiques.

Tantôt, et c'est le cas le plus général en Europe, on les divise en tranches de peu d'épaisseur, puis on les roule dans du sel marin, et l'on forme, dans des pots ou des barils, des couches super-

posées et alternatives de viande et de sel ; on recouvre d'un dernier lit de sel et on remplit tous les interstices avec de l'eau salée contenant un peu de salpêtre ou ce qu'on appelle de la *saumure*.

Dans tous les cas, on ne soumet à la salaison que la viande de bœuf et de porc, et, parmi les poissons, que le hareng, le maquereau, la morue.

Très-souvent, après avoir salé ces divers aliments, on les expose à l'action de la fumée produite par des copeaux de chêne ou de bouleau très-sec. On opère, pour les quartiers de bœuf, les jambons, les langues, les boudins, les andouilles, etc., en les suspendant dans des chambres dont voici une coupe verticale (*fig.* 279). On les y laisse pendant quatre ou cinq semaines environ.

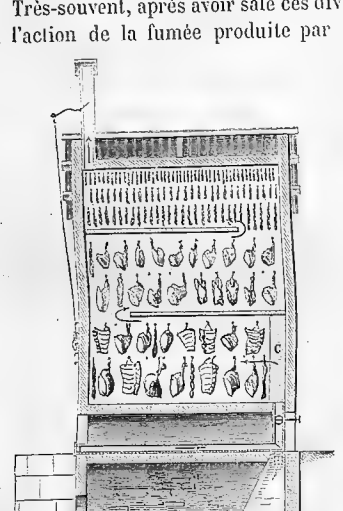


Fig. 279. — Fumaison ou boucanage des viandes.

On donne le nom de *boucanage* à cette opération ; elle prend celui de *saurage* ou *saurissage* quand elle s'applique aux harengs. Pour ceux-ci, l'exposition à la fumée dans des espèces de fours ou de cheminées faites exprès, qu'on appelle *roussables*, ne dure que vingt-quatre heures ; ils en sortent avec une belle coloration jaune. C'est dans cet état qu'on les appelle *harengs rouges* ou *saurs*, les harengs simplement salés sont dits *harengs blancs*.

Dans la fumaison des viandes et des poissons, on a pour but de pénétrer ces substances organiques d'acide pyroligneux et de créosote, qui constituent presque en totalité les fumées, et qui

ajoutent leur action conservatrice à celle du chlorure de sodium.

C'est dans tous nos ports de la Manche, notamment à Fécamp, Dieppe, Calais, Boulogne, etc., que s'exerce sur une vaste échelle la salaison et le saurissage ; ces industries sont encore plus développées en Hollande, en Angleterre et en Allemagne ; elles remontent au onzième siècle.

Certains poissons, tels que les sardines et le thon, sont préservés du contact de l'air par l'huile d'olive dans laquelle on les confit. C'est ce qu'on pratique très en grand à la Rochelle, à Nantes, à Lorient, à Marseille, à Saint-Jean-de-Luz, etc. Dans le Périgord, le Languedoc, la Guyenne, la Saintonge et le Poitou, on conserve les cuisses et les ailes de diverses volailles au milieu de la graisse de ces mêmes animaux.

Un procédé plus général qui s'applique non-seulement aux viandes, aux poissons, mais encore aux légumes et aux fruits, c'est celui qu'Appert a imaginé et mis en pratique dès 1804. Il consiste à renfermer les matières, cuites ou non, dans des vases en fer-blanc qu'on achève de remplir avec le liquide qu'on veut interposer, en laissant toutefois un petit espace libre pour que ce liquide puisse se dilater sous l'influence de la chaleur sans rompre les vases; on ferme ensuite ceux-ci à l'aide d'une soudure à l'étain. On les place alors dans un bain-marie à fermeture autoclave dont l'eau peut ainsi être portée à une température de 108°. On les y laisse pendant un temps plus ou moins long, trente à soixante minutes, d'après le volume des vases. Lorsqu'on veut les retirer on ouvre un robinet d'air, pour laisser dégager la vapeur correspondante à l'excès de pression.

C'est par ce procédé d'Appert, perfectionné par ses successeurs, qu'à Paris, à Nantes, à Marseille, au Mans, à Bordeaux, au Havre, etc., on prépare, outre les légumes, toutes les viandes dont la marine a besoin. Ces conserves, généralement adoptées, ont permis de rendre plus salubre l'alimentation à bord des navires, en les substituant aux viandes salées dont l'usage, trop prolongé, compromettait plus ou moins la santé des équipages dans les voyages de long cours.

L'efficacité de ce mode de conservation tient à ce que, par la cuisson préliminaire qu'on fait subir aux matières à préserver, on

détruit tous les germes microscopiques qui pouvaient s'y trouver, et que par la seconde ébullition en vases clos, on tue ceux qui ont pu s'introduire dans ceux-ci, avant ou pendant leur fermeture, au moyen de l'air qui les charrie continuellement.

C'est aussi au moyen du procédé d'Appert qu'on conserve le lait pour les besoins de la marine. Seulement, on le réduit à l'avance au cinquième de son volume primitif, dans des chaudières à fond plat, chauffées par la vapeur, et où l'épaisseur de la couche liquide ne dépasse pas 1 à 2 centimètres; celle-ci est agitée avec des palettes en bois pour empêcher la formation de pellicules à la surface. On ajoute au lait, avant sa concentration, 75 à 80 grammes de sucre par litre. Lorsqu'on veut consommer ce liquide réduit en une sorte de frangipane, on le délaie dans 5 fois son volume d'eau tiède.

Pour les œufs, on arrive à les conserver frais pendant un temps assez long en les recouvrant d'un vernis gras, et plus économiquement en les enveloppant de papier et les enfouissant dans de la menue paille d'avoine ou du sable bien sec.

3. Conservation des bois. — Si la cellulose pure résiste fort longtemps aux actions réunies de l'air, de l'humidité et de la chaleur, il n'en est plus de même quand elle est pénétrée de substances azotées albuminoïdes que la sève a déposées entre les fibres des bois, en compagnie de tous les autres principes immédiats qu'elle tient en dissolution. Ces substances azotées agissent comme ferment, et provoquent ces altérations profondes auxquelles on a donné les noms de *pourriture humide* et de *pourriture sèche*.

Les bois sont alors envahis par des myriades d'insectes (tarets, termites, vers, etc.) et de champignons microscopiques, qui vivent ou se développent aux dépens des substances azotées, si bien que les espèces ligneuses les plus dures perdent peu à peu toute solidité et se trouvent amenées à l'état d'un tissu spongieux.

On prévient ces altérations, qui causent annuellement des pertes énormes, soit en immergeant les bois, avant leur mise en œuvre, dans des liquides antiseptiques, soit en injectant ceux-ci dans leur intérieur au moyen d'une force quelconque.

Les substances qui remplissent les meilleures conditions sous le

rapport de l'efficacité et de l'économie, sont la créosote, les huiles de goudron de bois, et le sulfate de cuivre.

La manière la plus simple de les employer consiste à immerger les bois débités et sortant d'une étuve dans une dissolution de sulfate de cuivre à 7 pour 100 de sel cristallisé, qu'on chauffe jusqu'à 70 ou 80° pendant deux ou trois heures. Un mètre cube de traverses de chemins de fer, de longrines ou de poteaux télégraphiques exige 2 kilogrammes de sulfate de cuivre; les échalas pour vignes, les cercles pour tonneaux, les planches de parquet n'en exigent que 1 1/2 p. 100. Les bois ainsi traités noircissent au feu, mais ne peuvent ni s'enflammer ni se consumer.

En Angleterre, où l'on préfère la créosote, on sèche complétement les pièces de bois et on les plonge immédiatement dans des chaudières contenant des huiles de goudron de bois, chauffées à 60°: la créosote pénètre presque jusqu'au centre des pièces qui, une fois imprégnées, ont pour ainsi dire une durée indéfinie.

Un procédé préférable à celui de l'imbibition est celui que

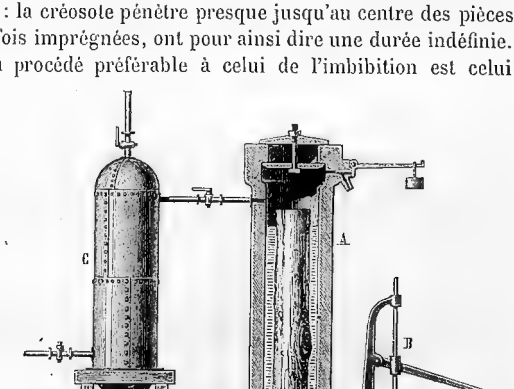


Fig. 280. — Appareil de Bréant pour l'injection des bois.

Bréant a fait connaître en 1831, et qui consiste à faire pénétrer les préservatifs dans les conduits capillaires du bois, et jusqu'au centre des pièces les plus épaisses et les plus compactes. Celles-ci

sont placées dans un cylindre en fonte A (*fig.* 280), où, après avoir fait le vide au moyen de la vapeur lancée dans un condenseur C, afin de soutirer l'humidité, l'air et les autres gaz emprisonnés dans le tissu ligneux, l'on introduit et l'on comprime, à l'aide d'une pompe foulante B, le liquide conservateur jusqu'à ce que la pression soit portée à 10 atmosphères. Au bout de six heures, la pénétration des pièces de bois est complète. On laisse alors rentrer l'air peu à peu, et écouler le liquide en excès par le robinet *o*.

Ce procédé, modifié de diverses manières, est appliqué industriellement sur une très-grande échelle, en Angleterre et en France, pour la sulfatisation de tous les bois qui doivent séjourner longtemps dans l'air, dans la terre humide ou sous l'eau.

Toutefois, le docteur Boucherie, qui, l'un des premiers dans nos temps modernes, a le plus contribué à créer cette grande industrie de la conservation des bois, a imaginé un mode plus simple et moins dispendieux que les précédents. Il consiste à opérer le déplacement et l'expulsion de la sève et des gaz, au moyen de la pression d'une colonne du liquide conservateur ; c'est une solution de sulfate de cuivre à 1° de l'aréomètre Baumé quand il s'agit des traverses de chemins de fer et des poteaux télégraphiques. On opère de la manière suivante :

Les pièces de bois débitées sont étendues parallèlement sous une légère inclinaison (*fig.* 281). Sur la section rafraîchie du gros bout on applique un plateau en cœur de chêne, mais en interposant entre les deux surfaces une corde sèche en étoupe de chanvre ; on serre fortement le tout à l'aide de crochets en fer. Il y a donc ainsi un espace vide de quelques millimètres, qui sert à loger la solution de sulfate de cuivre qui doit pénétrer par la section tout entière du bois.

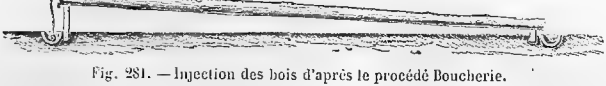


Fig. 281. — Injection des bois d'après le procédé Boucherie.

Fig. 282. — *Robignole* pour l'introduction des liquides conservateurs.

Le plateau de chêne est percé de part en part d'une ouverture circulaire, dans laquelle on introduit de force l'extrémité d'un ajutage en bois

dur ou *robignole* (*fig.* 282), qui transmet le liquide qu'il reçoit d'un réservoir placé à 8 ou 10 mètres de hauteur (*fig.* 283).

Lorsqu'on ouvre le robinet de ce réservoir, la pesanteur du liquide, qui pénètre par la robignole dans l'espace vide entre les

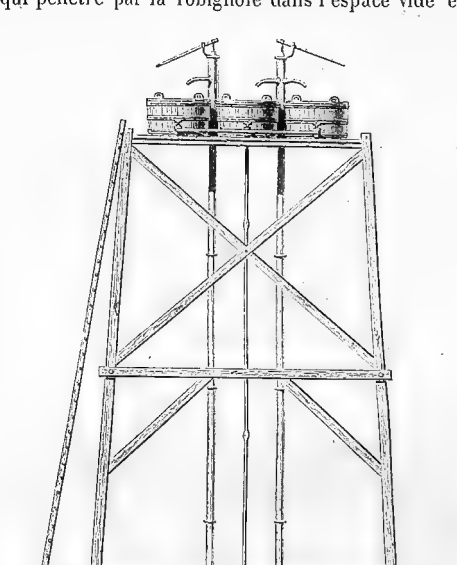


Fig. 283. — Réservoir contenant la solution de sulfate de cuivre.

deux sections, pousse bientôt devant lui l'eau de végétation et les principes azotés qu'elle contient. Cette eau s'écoule par l'autre bout de la pièce et est remplacée par la solution métallique; lorsque celle-ci paraît à son tour à cette extrémité, on est certain que tout l'intérieur du bois est sulfatisé. Un jour ou deux suffisent pour des billes courtes de hêtre ou de charme; des billes de 15 à 20 mètres exigent quinze jours; un sapin de 15 mètres demande un mois.

Les bois les plus légers ne sont pas ceux qui se laissent pénétrer le plus facilement ; ainsi le peuplier résiste plus que le hêtre ; le charme et le saule bien plus que le poirier, l'érable et le platane.

Lorsque les liquides conservateurs sont colorés ou lorsqu'ils peuvent produire des colorations en réagissant sur les principes propres au bois, ils lui donnent, tout en le préservant de la pourriture, des nuances, des teintes variées qui permettent d'employer les espèces ligneuses les plus communes de nos pays à la place des espèces exotiques, pour la confection des meubles de luxe. C'est ainsi, en effet, que le platane, injecté avec du pyrolignite de fer, prend des teintes très-recherchées dans l'ébénisterie. L'art de colorer les bois, en les soumettant à l'alunage et aux procédés de teinture reservés jusqu'ici aux étoffes, est devenu dans les mains de MM. Renard-Perrin, une industrie des plus intéressantes.

4. Conservation des matières animales non alimentaires. — Trois industries assez considérables s'appliquent à la conservation des matières animales non alimentaires : le *tannage* des peaux ou la fabrication du cuir, dont il a déjà été question : la *taxidermie* ou l'art d'empailler les quadrupèdes et les oiseaux ; l'*embaumement* ou l'art de conserver les cadavres. Je vous dirai quelques mots des deux derniers moyens de préserver les substances organiques de la corruption.

Taxidermie. — On a donné ce nom[1] à l'art spécial de préparer, pour les collections d'histoire naturelle, les dépouilles des animaux des classes supérieures, bien que, par une extension forcée du terme, on ait compris sous cette dénomination la conservation de toutes les espèces animales, insectes, mollusques, polypiers coralligènes, etc.

Ce n'est guère que depuis le milieu du siècle dernier qu'on a cherché à donner aux animaux morts, pour en favoriser l'étude, les apparences de la vie, en imprimant à leurs membres, remplis de filasse et de brins de fer, la souplesse, les contours, les positions qui les distinguent dans leur état de liberté. C'est en France que cet art a pris naissance et qu'il est exercé avec le plus de talent ;

[1] Ce nom est formé de deux mots grecs dont le premier veut dire *arrangement*, et le second *derme* ou *peau*.

il exige évidemment, de la part de ceux qui l'exercent, des connaissances anatomiques assez étendues, et de longues observations sur les formes extérieures des êtres ; formes qui sont en rapport avec les mœurs et les habitudes de ceux-ci.

Je dirai, d'une manière générale, qu'après avoir enlevé de l'intérieur du corps toutes les parties charnues et molles, trop susceptibles de corruption, on enduit les surfaces dénudées de *préservatifs*, c'est-à-dire de substances antiseptiques qui ont pour effets : 1° de s'opposer au développement des insectes ou *mites* qui pourraient les endommager ; 2° d'opérer une dessiccation rapide du derme pour éviter la chute des poils ou des plumes.

Les *préservatifs*, seule chose qui doive nous occuper, sont ou des matières astringentes (tan), ou des composés très-riches en carbone et en hydrogène (essences, huiles empyreumatiques de houille, de schiste, de bois, naphte, naphtaline, benzine, créosote, acide phénique, etc.), ou enfin des composés métalliques solides et dissous (alun et autres sels d'alumine, vert-de-gris, orpiment, acide arsénieux, bichlorure de mercure, sels de zinc, de fer, de manganèse, acide chromique et bichromate de potasse, sulfites et hyposulfites alcalins, etc.).

De toutes ces substances, celle qui est universellement employée, c'est le savon arsenical qui porte le nom de son inventeur, Bécœur, pharmacien de Metz au dernier siècle, très-habile dans l'art de monter les oiseaux. On le prépare en faisant chauffer dans une grande capsule 320 grammes d'eau distillée, 320 grammes d'acide arsénieux et 120 grammes de carbonate de potasse pur et sec. Lorsque tout l'acide arsénieux est dissous, on ajoute 320 grammes de savon marbré de Marseille coupé en morceaux et on retire du feu ; le savon étant dissous à son tour, on ajoute 40 grammes de chaux vive en poudre fine, et 50 grammes de camphre réduit en poudre au moyen de l'alcool. On achève la mixtion intime de la composition en la broyant sur un porphyre.

Cette espèce de pommade blanche, délayée dans 1 1/2 à 2 parties d'eau, est étendue, à l'aide d'un pinceau, sur toute la surface interne des peaux, partout où les téguments adhéraient au tissu cellulaire.

Embaumement. — L'art de conserver les cadavres humains a été très-anciennement pratiqué en Éthiopie et en Égypte, puisque

l'âge de certaines *momies* ou *mumies* trouvées dans les hypogées de Thèbes et de Memphis paraît remonter à 3 ou 4000 ans avant l'ère chrétienne. C'était au moyen de substances résineuses ou riches en huiles essentielles, de natron ou sesquicarbonate de soude, d'acide pyroligneux brut provenant de la distillation sèche du bois de cèdre, de bitumes naturels, puis de la dessiccation, que procédaient les *Réphines* égyptiens, c'est-à-dire les embaumeurs ou *faiseurs de bandelettes*, en variant les procédés suivant

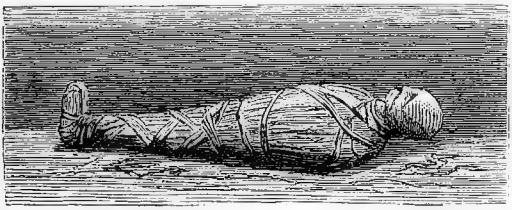


Fig. 284. — Momie entourée de bandelettes.

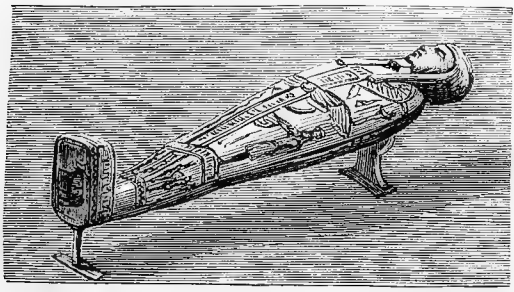


Fig. 285. — Momie renfermée dans un étui de bois.

la qualité des personnages. Les corps des riches étaient enveloppés de bandes du lin le plus fin enduites de gomme (*fig.* 284) et renfermés dans des étuis en bois de forme humaine, chargés d'hiéroglyphes (*fig.* 285).

Chez les Guanches, qui peuplaient les îles Canaries avant l'arrivée des Espagnols, et qui descendaient très-probablement des anciens Phéniciens, on opérait à peu près de même.

Les anciennes peuplades du nouveau monde se servaient de la simple dessiccation pour conserver les corps de leurs ancêtres; ils les suspendaient au-dessus du feu pendant un temps suffisant, ou bien, après les avoir entourés de couvertures de coton, ils les mettaient sur une grille sous laquelle ils allumaient un feu léger. Au Mexique, de Humboldt a trouvé des espèces de momies desséchées, conservées sur un sol privé de pluie et dans une atmosphère brûlante où les insectes même ne peuvent exister.

Jusqu'au commencement de notre siècle, l'art des embaumements était pratiqué d'une manière grossière, qui blessait les sentiments, et qui était loin d'atteindre le but désiré. Le docteur Chaussier fit alors connaître un procédé très-simple, qui fut généralement adopté. Il consiste à faire macérer les corps entiers pendant deux ou trois mois dans une solution saturée de bichlorure de mercure, et à les laisser ensuite sécher à l'air. Ces corps, devenus rigides, durs, grisâtres, mais déformés, sont tout à fait imputrescibles et inattaquables par les insectes et les vers.

Malheureusement l'emploi du bichlorure de mercure n'est pas sans danger pour les opérateurs; il exige beaucoup de temps et rend les objets méconnaissables. Aujourd'hui, grâce aux indications de J. N. Gannal, dont les premières recherches datent de 1832, on arrive au résultat cherché en faisant pénétrer les liquides conservateurs dans l'intérieur des corps.

Pour cela, au moyen d'une seringue à injection, on les introduit dans le système artériel, par l'une des carotides; ils arrivent ainsi par l'extrémité du système capillaire dans toutes les parties du corps, pour se communiquer, de là, par imbibition, dans tous les points qui auraient échappé à la pénétration.

Le liquide conservateur employé par Gannal, est une solution de sulfate d'alumine marquant de 38 à 40° à l'aréomètre. Après l'injection, la plaie fermée, le corps est enveloppé de flanelle, puis couché dans un cercueil de plomb, et arrosé de 1 à 2 litres d'un mélange d'essences de lavande, de girofle, de cannelle, de citron et de térébenthine.

Sir William Burnett, et, après lui, M. Sucquet, ont préconisé le chlorure de zinc à 40°; M. Falconi, le sulfate de zinc; M. Bobœuf, l'acide phénique. Ces différents liquides paraissent agir avec beaucoup d'efficacité.

TABLE DES MATIÈRES

TITRE PREMIER

PRODUITS ET ARTS CHIMIQUES DÉRIVANT DE L'EXPLOITATION DU RÈGNE MINÉRAL.

CHAPITRE I.

Corps simples. 2
Extraction du **soufre** en Sicile. . . 2
Raffinage du soufre. 5
Soufre en canon et en fleur. 7
Extraction du **chlore**. 8
Dissolution du chlore. 10
Chlorures décolorants. 12
Chlorométrie. 14
Extraction de l'**iode** et du **brome**. 19
Cendres ou soude brute de varechs. 21
Traitement des cendres. 24
Isolement de l'iode. 25
— du brome. 25
Extraction du **phosphore**. 26

CHAPITRE II.

Acides. 32
Acide sulfurique. 32
Préparation de l'acide de Saxe. . . . 32
— de l'huile de vitriol. . . 33
Acide azotique. 39
— chlorhydrique. 41
— carbonique. 45
Fabrication des eaux gazeuses. . . . 44
Acide borique. 48

CHAPITRE III.

Composés métalliques et salins. 51
Composés du **potassium**. 51
Potasses du commerce. 51
Cendres gravelées. 53
Potasse de mélasse de betteraves. . 53
Composition des potasses du commerce. 55
Alcalimétrie. 55
Azotate de potasse. 60
Fabrication de la poudre à tirer. . . 63
Chlorate de potasse. 66
Allumettes chimiques allemandes. . 68
Chromates de potasse. 69
Composés du **sodium**. 71
Soudes du commerce. 71
Essai des soudes. 75
Chlorure de sodium. 76
Traitement des sources salées. . . . 76
— des eaux de la mer. . . 78
Borate de soude. 82
Fabrication du borax artificiel. . . . 82
Composés de l'**aluminium**. 85
Aluns du commerce. 85
Essai et purification des aluns. . . 90
Art du potier ou céramique. 90
Composés du **silicium**. 104
Art du verrier. 104
Bleu d'azur. 114
Emaux. 115
Gravure sur verre. 116
Outremer factice. 117
Composés du **fer**. 119
Sulfate de fer ou couperose verte. . 119
Composés du **zinc**. 122
Sulfate de zinc ou couperose blanche. 122
Blanc de zinc. 122
Composés du **cuivre**. 124
Sulfate de cuivre ou couperose bleue. 124
Composés du **plomb**. 126
Fabrication du minium. 126
— de la céruse. 128

Variétés commerciales de Céruse.. . 154
Composés du **mercure**. 155
Sulfure rouge, cinabre, vermillon. . 155
Composés de l'**argent** et de l'**or**. . 157
Argenture et dorure. 157
Essais des alliages d'argent. 141
— — d'or.. 147

TITRE DEUXIÈME

PRODUITS ET ARTS CHIMIQUES DÉRIVANT DE L'EXPLOITATION DU RÈGNE ORGANIQUE.

CHAPITRE I.

Travail et mise en œuvre des principes organisés. 151
Extraction des fécules.. 152
Fécule de pommes de terre. 152
Amidon des Céréales.. 155
Gluten granulé. 157
Fabrication de la dextrine. 158
— du glucose. 159
Matières textiles et filamenteuses. . 162
— végétales. . . . 162
Lin. 163
Chanvre. 166
Coton. 169
Caractères des fibres textiles végétales. 172
Matières textiles animales. 173
Laine. 173
Soie. 177
Blanchiment des matières textiles. . 185
— des fibres végétales. . . 185
— de la laine. 190
— de la soie.. 192
Coloration ou teinture des matières textiles. 193
A. Teinture proprement dite.. . . . 194
B. — par impression.. 205
Industrie du papier.. 209
Tissus animaux. 215
Fabrication de la gélatine. 215
— du cuir.. 219

CHAPITRE II.

Principes et produits employés journellement. . . . 223
Extraction du sucre commercial. . . 223
Traitement de la canne à sucre. . . 225
— de la betterave.. 225
Raffinage des cassonades. 253
Traitement des mélasses. 255
Falsification et essais des sucres. . 256
Extraction des corps gras.. 241
Fonte des suifs. 241
Fabrication des chandelles. 241
Extraction et blanchiment de la cire. 245
— des huiles de graines . . 246
Épuration des huiles.. 251
Essais des huiles. 252
Fabrication des savons.. 254
— Savons de Marseille. . . . 257
— unicolores. 259
— mous. 259
— à froid. 260
Composition des savons. 260
Hydrotimétrie.. 260
Fabrication des bougies stéariques.. 265
Acide oléique 267
Glycérine.. 268

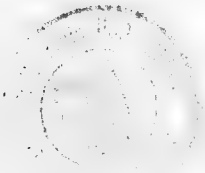
CHAPITRE III.

Produits dérivant de la décomposition des matières organiques par le feu. . . . 270
Fabrication des charbons. 270
— charbons de bois. 260
— coke. 273
— noir de fumée. 276
— charbon ou noir animal.. 277
Fabrication des prussiates 279
— prussiate de potasse.. . . 280
— cyanogène et ses dérivés. . 281
— cyanures doubles insolubles. 283
— bleu de Prusse.. 284
— cyanure de potassium.. . . 285
Poudres fulminantes, fulminates. . . 286
Distillation du bois et produits qui en dérivent.. 287
Acide acétique ou pyroligneux. . . 289
Acétates ou pyrolignites 290
— sous-acétate de cuivre . . 291
— acétate neutre de cuivre.. 291
— — de plomb.. 292
— — de plomb basique 292
— — d'alumine.. . . . 292
— — de fer. 292
Esprit-de-bois ou alcool méthylique. 292
Goudron de bois. 294
Paraffine 294
Créosote. 295
Distillation de la houille et produits qui en dérivent. 295
Éclairage au gaz. 296
Goudron de houille. 302
Brai gras et brai sec 303
Huiles lourdes de houille. 303

Huiles légères 304
Acide phénique 304
— picrique 305
Benzine 306
Nitro-benzine 307
Aniline 308
— violet, rouge, bleu d'aniline 309
— autres couleurs d'aniline. 310
Traitement des eaux ammoniacales. 310
— sulfate et chlorhydrate d'ammoniaque 311

CHAPITRE IV.

Produits dérivant de la destruction ou de la métamorphose des matières organiques par la fermentation . 313

Graines céréales 315
— farine 317
— panification 321
— diverses espèces de pain. 327
— pâtes alimentaires 328
Boissons fermentées 330
— vin 330
— cidre 335
— bière 339
Fabrication des eaux-de-vie et des esprits 347
Détermination de la richesse alcoolique des liqueurs fermentées . . . 348
Force des eaux-de-vie et esprits du commerce 350
Nature et impureté de ces boissons . 350
Alcool de betterave 352
— de mélasse de betterave . . 353
— de grains 353
— de riz 355
— de pommes de terre . . . 355
Appareils distillatoires 356
Rectification des alcools 359
Acétification 360
Fabrication du vinaigre de vin . . . 361
— des vinaigres d'alcool . . 362
Tabac. — Sa fabrication 365
Conservation des matières organiques 368
— des matières végétales alimentaires 368
— — animales alimentaires. 369
— des bois 372
— des matières animales non alimentaires 376
— Taxidermie 376
— Embaumement 377

PARIS. — IMP. SIMON RAÇON ET COMP., RUE D'ERFURTH, 1.